Iranian Journal of Animal Science Research
Homepage: http://ijasr.um.ac.ir

Research Article
Vol. 16, No.3, 2024, p. 347-365

Effect of Chickpea Straw Silage Processing with Urea, Molasses and Cellulase Enzyme on Chemical Composition, Gas Production, Ruminal and intestinal Digestibility

Zahra Abbasinavand[1], Jamal Seifdavati[3] Mojtaba Alipour Einaldin[2], Hossein Abdi-Benemar[3], Farzad Mirzaei Aghjeh Gheshlagh[3], Reza Seyedsharifi[3]

1,2- M.Sc. Graduate and Ph.D. Student, Department of Animal Sciences, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran, respectively.
3- Professor, Department of Animal Sciences, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran.
*Corresponding Author's Email: jseifdavati@uma.ac.ir

Received: 25-11-2023 Revised: 06-02-2024 Accepted: 26-05-2024 Available Online: 03-12-2024	**How to cite this article:** Abbasinavand, Z., Seifdavati, J., Alipour Einaldin, M., Abdi-Benemar, H., Mirzaei Aghjeh Gheshlagh, F., & Seyedsharifi, R., (2024). Effect of chickpea straw silage processing with urea, molasses and cellulase enzyme on chemical composition, gas production, ruminal and intestinal digestibility. *Iranian Journal of Animal Science Research*, *16*(3), 347-365. (in Persian with English abstract). http://doi.org/ 10.22067/ijasr.2024.85302.1182

Introduction: The limitation of animal feed resources has increased the tendency to use agricultural residues such as straws in feeding ruminants. It has been reported that livestock production decreases when using low-quality crop residues due to the low palatability, energy level and protein of these feed materials. In other hand, high consumption of straws decreases ruminant's performance because of feed intake restriction, low digestibility and the presence of anti-nutritional factors such as silica, tannin and lignin in straws. The use of fibrolytic enzymes of foreign origin increases the usability of forage, which results in increased production. One of the most important methods of processing wooden materials is the use of chemicals, especially alkaline materials, especially urea. Adding molasses as an energy-generating part and urea as a non-protein nitrogen source simultaneously provides the rumen microorganisms with a source of energy and protein. In general, the addition of enzymes to the diet is used for the purpose of supplementing and compensating the defects of the enzyme system of the ruminant's digestive system, removing anti-nutritional substances and increasing the availability of nutrients in the animal body. The purpose of this research was to investigate the effect of processing chickpea straw with urea, molasses and enzymes on chemical composition, ruminal and intestinal digestibility, gas production and disappearance under laboratory conditions. So that the results of this research can be optimally used in animal nutrition.

Materials and Methods: This research was conducted on processed chickpea straw with urea, molasses and, enzyme source of fungal cellulase and rumen liquid. The tested feed material was chickpea straw, which was processed with urea, molasses and enzymes. Enzymes included fungal cellulase and rumen liquid. The tested feed ingredients were ground using a special mill with a sieve with 2 ml pores and then sieved using a 50 micrometer sieve to remove particles smaller than 50 micrometers.

To perform the gas test, first, the sample of the tested feed (chickpea straw enriched with urea, molasses and enzyme) was ground with a 1 mm grid. Measurements of chemical composition and gas production were carried out by standard methods and the determination of the digestibility of samples was done with Daisy [1] device and

http://doi.org/ 10.22067/ijasr.2024.85302.1182

Gargalo's three-step method. After performing the initial calculations and collecting all the data, statistical analysis of the data was done using the SAS statistical software in the form of a completely random design and a 4x4 factorial experiment with the GLM procedure.

Results and Discussion: According to the results, processing chickpea straw with urea, molasses, and enzymes increased the percentage of dry matter and the amount of crude protein in the treatments. However, it decreased the percentage of cell wall and cell wall without hemicellulose. The processing of chickpea straw with urea, rumen liquid and a mixture of two enzymes and the combination of all three enzymes with a level of 4% molasses increases the digestibility of dry matter in the total digestive system, and the addition of molasses and the combination of rumen liquid and a mixture of two enzymes with different levels of molasses were increased the digestibility of crude protein in the rumen ($P<0.05$). Adding all three enzymes to chickpea straw at 2, 4, 6, and 8 hours, but with rumen juice from 12 to 96 hours, has led to an increase in gas production. The combination of molasses levels of 2 and 4% with a mixture of two enzymes increased gas production in all hours of incubation ($P<0.05$). The average constant rate of disappearance and gas production potential of chickpea straw was significantly different among all treatments ($P < 0.05$). The results showed that molasses and enzyme increased the constant rate of disappearance and 4% molasses and enzyme increased the gas production potential. The combination of molasses with fungal cellulase and the mixture of two enzymes decreased the constant rate of disappearance and gas production potential. The average laboratory digestibility of organic matter, metabolizable energy, lactation energy and short chain fatty acids were significant in all chickpea straw treatments ($P < 0.05$).

Conclusion: In general, based on the obtained results, the use of urea, molasses, and enzyme sources including fungal cellulase and rumen liquid has successfully increased the nutritional value, gas production parameters, and digestibility of chickpea straw. Among the experimental treatments, processing chickpea straw with 3.5% urea, 4% molasses, and fungal cellulase enzyme improved the nutritional value the most. Further animal experiments are needed to confirm these results. More research is required in the field of using agricultural waste in animal nutrition.

Keywords: Digestibility, Metabolizable energy, Nutritional parameters, Nutritional value

نشریه پژوهشهای علوم دامی ایران
Homepage: http://ijasr.um.ac.ir

مقاله پژوهشی
جلد ۱۶، شماره ۳، پاییز ۱۴۰۳، ص. ۳۶۵-۳۴۷

اثر فرآوری سیلاژ کاه نخود با اوره، ملاس و آنزیم سلولاز بر ترکیب شیمیایی، تولید گاز، قابلیت هضم شکمبه‌ای و روده‌ای

زهرا عباسی ناوند[1]، جمال سیف دواتی[3*]، مجتبی علیپور عین‌الدین[2]، حسین عبدی بنمار[3]، فرزاد میرزایی آقجه قشلاق[3]، رضا سیدشریفی[3]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۹/۰۴
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۲/۱۱/۱۷
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۳/۰۶

چکیده

این پژوهش با هدف بررسی فرآوری سیلاژ کاه نخود با اوره، ملاس و آنزیم سلولاز بر ترکیب شیمیایی، تولید گاز، قابلیت هضم شکمبه‌ای و روده‌ای به‌روش آزمایشگاهی انجام شد. اندازه‌گیری‌های ترکیب شیمیایی و تولید گاز به روش‌های استاندارد و تعیین قابلیت هضم نمونه‌ها با دستگاه دیزی‌تو و به‌روش کارگالو انجام شد. تیمارهای آزمایشی شامل: ۱- کاه نخود حاوی اوره (۳/۵ درصد)، بدون ملاس و بدون آنزیم، ۲- کاه نخود حاوی اوره (۳/۵ درصد)، بدون ملاس و با آنزیم سلولاز قارچی (۴۰ میکرولیتر به هر گرم کاه)، ۳- کاه نخود حاوی اوره (۳/۵ درصد)، بدون ملاس و با شیرابه شکمبه (۴۰ میکرولیتر به هر گرم کاه)، ۴- کاه نخود حاوی اوره (۳/۵ درصد)، بدون ملاس و با نسبت مساوی آنزیم سلولاز و شیرابه شکمبه (۲۰ میکرولیتر از هرکدام به هر گرم کاه)، ۵- کاه نخود حاوی اوره (۳/۵ درصد)، با دو درصد ملاس و بدون آنزیم، ۶- کاه نخود حاوی اوره (۳/۵ درصد)، با دو درصد ملاس و با آنزیم سلولاز قارچی (۴۰ میکرولیتر به هر گرم کاه)، ۷- کاه نخود حاوی اوره (۳/۵ درصد)، با دو درصد ملاس و با شیرابه شکمبه (۴۰ میکرولیتر به هر گرم کاه)، ۸- کاه نخود حاوی اوره (۳/۵ درصد)، با دو درصد ملاس و با نسبت مساوی آنزیم سلولاز و شیرابه شکمبه (۲۰ میکرولیتر از هرکدام به هر گرم کاه)، ۹- کاه نخود حاوی اوره (۳/۵ درصد)، با چهار درصد ملاس و بدون آنزیم، ۱۰- کاه نخود حاوی اوره (۳/۵ درصد)، با چهار درصد ملاس و با آنزیم سلولاز قارچی (۴۰ میکرولیتر به هر گرم کاه)، ۱۱- کاه نخود حاوی اوره (۳/۵ درصد)، با چهار درصد ملاس و با شیرابه شکمبه (۴۰ میکرولیتر به هر گرم کاه)، ۱۲- کاه نخود حاوی اوره (۳/۵ درصد)، با چهار درصد ملاس و با نسبت مساوی آنزیم سلولاز و شیرابه شکمبه (۲۰ میکرولیتر از هرکدام به هر گرم کاه)، ۱۳- کاه نخود حاوی اوره (۳/۵ درصد)، با شش درصد ملاس و بدون آنزیم، ۱۴- کاه نخود حاوی اوره (۳/۵ درصد)، با شش درصد ملاس و با آنزیم سلولاز قارچی (۴۰ میکرولیتر به هر گرم کاه)، ۱۵- کاه نخود حاوی اوره (۳/۵ درصد)، با شش درصد ملاس و با شیرابه شکمبه (۴۰ میکرولیتر به هر گرم کاه)، ۱۶- کاه نخود حاوی اوره (۳/۵ درصد)، با شش درصد ملاس و با نسبت مساوی آنزیم سلولاز و شیرابه شکمبه (۲۰ میکرولیتر از هرکدام به هر گرم کاه)، که به‌صورت فاکتوریل (چهار سطح ملاس و چهار منبع آنزیم) در قالب طرح کاملاً تصادفی انجام شد. افزودن هر سه آنزیم به کاه نخود در ساعات دو، چهار، شش و هشت، همراه با شیرابه شکمبه از ساعت ۱۲ تا ۹۶ منجر به افزایش تولید گاز شد. ترکیب سطوح دو و چهار درصد ملاس با نسبت مساوی دو آنزیم در تمامی ساعات انکوباسیون باعث افزایش تولید گاز شد ($P<0/05$). نتایج نشان داد که ملاس چهار درصد و آنزیم باعث افزایش پتانسیل تولید گاز شد. ترکیب ملاس با سلولاز قارچی و نسبت مساوی دو آنزیم باعث کاهش نرخ ثابت ناپدید شدن ماده خشک شد. میانگین قابلیت هضم آزمایشگاهی ماده آلی، انرژی قابل متابولیسم، انرژی شیردهی و اسیدهای چرب زنجیر کوتاه در همه تیمارها در مقایسه با شاهد معنی‌دار بود ($P< 0/05$). فرآوری کاه نخود با ملاس و ترکیب شیرابه شکمبه و نسبت مساوی دو آنزیم با سطوح مختلف ملاس باعث افزایش قابلیت هضم شکمبه‌ای پروتئین خام آن و سطح چهار درصد ملاس باعث افزایش قابلیت هضم ماده خشک در کل دستگاه گوارش شد ($P<0/05$). در مجموع، تیمار کاه نخود با سلولاز قارچی، شیرابه شکمبه و نسبت مساوی آن‌ها همراه با سطوح مختلف ملاس توانست ارزش غذایی آن را بهبود دهد.

واژه‌های کلیدی: ارزش غذایی، انرژی قابل متابولیسم، فراسنجه‌های تغذیه‌ای، گوارش‌پذیری

مقدمه

محدودیت منابع خوراک دام، تمایل به استفاده از پسماندهای کشاورزی مانند کاه‌ها در تغذیه نشخوارکنندگان را افزایش داده است (Tahmasebi *et al.*, 2011). استفاده از کاه بقولات نظیر نخود و ماش به‌دلیل ارزان‌تر بودن و فراوانی آن در فصل‌هایی خاص از سال به‌صورت جایگزینی برای کاه گندم در تغذیه دام توصیه می‌شود (Mehramiri *et al.*, 2017). کاهش تولید دام هنگام مصرف باقی‌مانده‌های زراعی خام و فرآوری نشده با کیفیت پایین به‌علت پایین بودن خوش‌خوراکی، سطح انرژی و پروتئین قابل هضم این مواد خوراکی گزارش شده است (Tengyun, 2000). امّا عملکرد نشخوارکنندگان تغذیه شده با جیره‌های دارای سطوح بالای کاه به‌دلیل ایجاد محدودیت در مصرف ماده خشک، گوارش‌پذیری پایین و وجود عوامل ضدتغذیه‌ای مانند سیلیس، تانن و لیگنین در کاه‌ها پایین می‌باشد (Van Soest, 1994). به‌طوری‌که وقتی جیره نشخوارکنندگان عمدتاً از این مواد تشکیل گردد، نمی‌تواند انرژی مورد نیاز حیوانات را حتی در سطوح نگهداری تأمین نماید (Banchorndhevakul, 2002). بنابراین، بهبود ارزش تغذیه‌ای این علوفه‌ها ضروری می‌باشد. علوفه‌ها مهم‌ترین منبع انرژی در نشخوارکنندگان هستند و محققان علت عمل‌آوری مواد لیگنوسلولزی را با مایع شکمبه استفاده از پتانسیل محتویات آنزیمی مترشحه از ریزجانداران مایع شکمبه می‌دانند (Beauchemin *et al.*, 1991) مواد قابل هضم اصلی هر منبع فیبر علوفه‌ای، سلولز و همی‌سلولز می‌باشد که به‌وسیله آنزیم‌های سلولاز و زایلاناز ترشح شده از باکتری‌ها و پروتوزوئرهای شکمبه هضم می‌شوند و استفاده از آنزیم‌های فیبرولیتیک با منشأ خارجی باعث می‌شود که قابلیت استفاده از این منابع زیاد گردد که نتیجه آن افزایش تولید خواهد بود. این آنزیم‌ها به هضم فیبر اصلی علوفه، سلولز و زایلان کمک می‌کنند. گاهی اوقات، آنزیم‌های دیگر مانند فرولیک اسید استراز، نیز برای کمک به هضم برخی از مواد لیگنوسلولزی نظیر کاه‌ها با قابلیت هضم بسیار ضعیف مورد استفاده قرار می‌گیرند (Beauchemin *et al.*, 1991).

یکی از مهم‌ترین روش‌های فرآوری مواد خشبی استفاده از مواد شیمیایی به‌ویژه مواد قلیایی مخصوصاً اوره می‌باشد (Wang *et al.*, 2004). در جیره‌های کم پروتئین، اوره می‌تواند جایگزین قسمتی از پروتئین جیره گاو یا گوسفند گردد. با همراه کردن ملاس به‌عنوان بخش انرژی‌زا و اوره به‌عنوان منبع نیتروژن غیرپروتئینی، به‌صورت هم‌زمان، منبع انرژی و پروتئین در اختیار ریزجانداران شکمبه قرار می گیرد (Ensminger *et al.*, 1990). عامل مهم تأثیرگذار بر مقدار مصرف اوره در جیره غذایی نشخوارکنندگان، قابلیت و سرعت تخمیر جیره می‌باشد. جیره‌های حاوی انرژی قابل تخمیر بالا نظیر ملاس نتیجه خوبی با مصرف اوره می‌دهند (Stsnton and Whittier, 2007). مطالعات نشان داده است که مصرف ملاس در جیره نشخوارکنندگان در سطوح ۱۰ الی ۱۵ درصد دارای بیشترین راندمان می‌باشد (Ensminger *et al.*, 1990). از طرفی، افزودن آنزیم‌ها به جیره غذایی برای اهداف تکمیل و جبران نقایص سیستم آنزیمی دستگاه گوارشی، حذف مواد ضدتغذیه‌ای و افزایش قابلیت دسترسی مواد مغذی در بدن دام مورد استفاده قرار می‌گیرند (Annison, 1993; Bedford and Schulz, 1998).

آنزیم‌های اگزوژنوس، ریزجانداران شکمبه و آنزیم‌های خوراکی تجاری سبب تغییر در ساختار فیبرها شده و این امر سبب می‌شود که ارزش غذایی خوراک‌های فیبری افزایش یابد (Newbold, 1997). آنزیم‌های با منشأ خارجی می‌توانند تجزیه الیاف را به‌وسیله ریزجانداران شکمبه در شرایط درون شیشه‌ای (Dong *et al.*, 1999; Hristov *et al.*, 1996) و شرایط *in situ* (Lewis *et al.*, 1996) افزایش دهند. آنزیم‌های با منشأ خارجی نرخ هضم را زیاد می‌کنند، ولی بر میزان هضم بی‌تأثیر هستند (Hristov *et al.*, 1996). افزایش مقدار دانه‌ها در جیره باعث افزایش چسبندگی مواد هضمی دئودنوم می‌شود (Mir and Mir, 1994)، کاهش چسبندگی به‌دلیل افزودن آنزیم می‌تواند جذب مواد مغذی را در روده کوچک گاوهای تغذیه شده با جیره غلات افزایش دهد (Hristov *et al.*, 1998). هدف از انجام این تحقیق، بررسی اثر فرآوری کاه نخود با اوره، ملاس و آنزیم بر ترکیب شیمیایی، قابلیت هضم شکمبه‌ای، روده‌ای، تولید گاز و ناپدید شدن ماده خشک تحت شرایط آزمایشگاهی بود تا از نتایج این تحقیق و پژوهش بتوان به‌صورت بهینه در تغذیه دام استفاده کرد.

مواد و روش‌ها

آماده‌سازی و فرآوری مواد خوراکی

مورد آزمایش کاه نخود بود که با اوره (U)، ملاس (M) و آنزیم (E) فرآوری شد. منبع آنزیم‌ها شامل سلولاز قارچی Cellulase EC endo-1-4-beta-D-glucanase *Aspergillus niger* (CAs) Number: 3.2.1.4, محصول کارخانه Sigma-Aldrich خریداری شده از شرکت طب آزما تجهیز تبریز و شیرابه شکمبه (Lr)

۱و ۲- به‌ترتیب دانش آموخته کارشناسی ارشد و دانشجوی دکتری، گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.
۳- اساتید گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل ، ایران.
(*- نویسنده مسئول: Email: jseifdavati@uma.ac.ir)
http://doi.org/ 10.22067/ijasr.2024.85302.1182

بود. برای تهیه شیرابه شکمبه ابتدا مایع شکمبه دو ساعت پس از وعده خوراک‌دهی صبح، از دو راس گوسفند دارای فیستولای شکمبه‌ای با استفاده از یک پمپ خلاء از نقاط مختلف شکمبه دام‌ها جمع‌آوری شده، به آن مقداری از مواد خوراکی موجود در شکمبه اضافه شده و داخل یک ظرف دارای آب ولرم به آزمایشگاه منتقل گردید. سپس، مایع شکمبه حاوی مواد هضمی به‌وسیله یک مخلوط‌کن به‌مدت دو دقیقه ضمن تزریق گاز دی‌اکسید کربن مخلوط گردید و با استفاده از یک پارچه توری و یک پارچه کتانی چهار لایه صاف گردید. مایع شکمبه صاف شده به‌مدت ۱۰ دقیقه با سرعت ۱۰۰۰ دور در دقیقه به‌منظور جداسازی مواد جامد خوراکی سانتریفیوژ شدند (Storm *et al.*, 1983). بعد از سانتریفیوژ شدن در چهار سیکل ۳۰ ثانیه‌ای به‌منظور تخریب دیواره سلولی ریزجانداران اولتراسونیک شدند (Pan *et al.*, 2003). مواد خوراکی مورد آزمایش با استفاده از آسیاب مخصوص دارای غربال با منافذ دو میلی‌متری آسیاب گردید و سپس با استفاده از الک ۵۰ میکرومتری غربال شدند تا ذرات کوچک‌تر از ۵۰ میکرومتر از آن خارج شود و امکان ریزش و اتلاف ذرات از کیسه نباشد (Nocek, 1988).

ابتدا نمونه خوراک مورد آزمایش (کاه نخود غنی شده با اوره، ملاس و آنزیم) با الک یک میلی‌متری آسیاب گردید. بدین منظور جهت فرآوری کاه نخود با اوره به‌میزان ۳/۵ درصد وزنی کاه نخود (Garcia-Martinez *et al.*, 2009)، مقدار ۷۰ گرم اوره را در ۰/۵ لیتر آب حل کرده و جهت فرآوری اوره با ملاس، مقدار ۷۰ گرم اوره را به همراه ۵۷ گرم ملاس برای سطح دو درصد، ۱۱۴ گرم ملاس برای سطح چهار درصد و ۱۷۱ گرم برای سطح شش درصد ملاس را در ۰/۵ لیتر آب حل کرده و به دو کیلوگرم کاهی که با ۴/۵ لیتر آب مخلوط شده بود، اضافه شده و به‌خوبی مخلوط گردید (Chaudhry, 2000). مخلوط حاصل را در کیسه‌های پلاستیکی دولایه ریخته، هواگیری و فشرده شد و به‌مدت ۲۸ روز در دمای اتاق به‌صورت سیلو شده نگه‌داری شدند. سپس درب آن‌ها باز شده، مقدار ۴۰ میکرولیتر از هر منبع آنزیمی (سلولاز قارچی و شیرابه شکمبه و نسبت مساوی آن‌ها) به‌ازای هر گرم کاه بر روی نمونه‌ها به‌طور متوالی با عمل اسپری افزوده شد. برای نسبت دو آنزیم از هر یک از منبع آنزیم‌ها، ۲۰ میکرولیتر برداشته و پشت‌سرهم روی نمونه اسپری شد و برای یک شب در شرایط آزمایشگاه استراحت داده شد.

تیمارهای آزمایشی

تیمارهای آزمایشی عبارت بودند: ۱- کاه نخود حاوی اوره (۳/۵ درصد)، بدون ملاس و بدون آنزیم (UM0E0)، ۲- کاه نخود حاوی اوره (۳/۵ درصد)، بدون ملاس و با آنزیم سلولاز قارچی (UM0CAs)، ۳- کاه نخود حاوی اوره (۳/۵ درصد)، بدون ملاس و با شیرابه شکمبه (UM0Lr)، ۴- کاه نخود حاوی اوره (۳/۵ درصد)، بدون ملاس و با نسبت مساوی آنزیم سلولاز و شیرابه شکمبه (UM0Lr + ECAs)، ۵- کاه نخود حاوی اوره (۳/۵ درصد)، با دو درصد ملاس و بدون آنزیم (UM2%E0)، ۶- کاه نخود حاوی اوره (۳/۵ درصد)، با دو درصد ملاس و با آنزیم سلولاز قارچی (UM2%ECAs)، ۷- کاه نخود حاوی اوره (۳/۵ درصد)، با دو درصد ملاس و با شیرابه شکمبه (UM2%ELr)، ۸- کاه نخود حاوی اوره (۳/۵ درصد)، با دو درصد ملاس و با نسبت مساوی آنزیم سلولاز و شیرابه شکمبه (UM2%Lr + ECAs)، ۹- کاه نخود حاوی اوره (۳/۵ درصد)، با چهار درصد ملاس و بدون آنزیم (UM4%E0)، ۱۰- کاه نخود حاوی اوره (۳/۵ درصد)، با چهار درصد ملاس و با آنزیم سلولاز قارچی (UM4%ECAs)، ۱۱- کاه نخود حاوی اوره (۳/۵ درصد)، با چهار درصد ملاس و با شیرابه شکمبه (UM4%Lr)، ۱۲- کاه نخود حاوی اوره (۳/۵ درصد)، با چهار درصد ملاس و با نسبت مساوی آنزیم سلولاز و شیرابه شکمبه (UM4%Lr + ECAs)، ۱۳- کاه نخود حاوی اوره (۳/۵ درصد)، با شش درصد ملاس و بدون آنزیم (UM6%E0)، ۱۴- کاه نخود حاوی اوره (۳/۵ درصد)، با شش درصد ملاس و با آنزیم سلولاز قارچی (UM6%ECAs)، ۱۵- کاه نخود حاوی اوره (۳/۵ درصد)، با شش درصد ملاس و با شیرابه شکمبه (UM6%Lr)، ۱۶- کاه نخود حاوی اوره (۳/۵ درصد)، با شش درصد ملاس و با نسبت مساوی آنزیم سلولاز و شیرابه شکمبه (UM6%Lr + ECAs). آزمایش به‌صورت فاکتوریل فاکتور اول (چهار سطح صفر، دو، چهار و شش درصد ملاس) و فاکتور دوم (چهار منبع آنزیمی صفر آنزیم، آنزیم سلولاز قارچی، آنزیم از منبع شیرابه شکمبه و نسبت یکسان از آن‌ها) در قالب طرح کاملاً تصادفی انجام شد.

اندازه‌گیری ترکیبات شیمیایی و تعیین قابلیت هضم شکمبه‌ای و بعد شکمبه‌ای

اندازه‌گیری‌های شیمیایی به‌روش استاندارد AOAC انجام شد. به‌منظور بررسی اثر غنی‌سازی کاه نخود با اوره و سنجش میزان افزایش و قابلیت هضم پروتئین آن، تعیین قابلیت هضم نمونه‌ها با استفاده از دستگاه (دیزی تو) تعیین قابلیت هضم شکمبه‌ای و بعد شکمبه‌ای و به‌روش سه مرحله‌ای گارگالو و همکاران (Gargallo *et al.*, 1998) انجام شد. مرحله اول، پیش انکوباسیون شکمبه‌ای که در این مرحله تقریباً پنج گرم از نمونه مورد آزمایش (آسیاب شده با غربال دو میلی‌متری)، در داخل کیسه‌های نایلونی با ابعاد ۵ × ۱۰ سانتی‌متر و قطر سوراخ‌های ۵۰ میکرومتر ریخته شد و سپس درب کیسه‌های نایلونی به‌وسیله سیم‌های مخصوص محکم بسته شد. کیسه‌ها شماره‌گذاری شده و از هر ماده خوراکی سه تکرار در نظر گرفته شد. سپس از راه فیستولای شکمبه گوسفند به‌مدت ۱۶ ساعت در داخل شکمبه انکوباسیون گردید. مرحله دوم، هضم شیردانی که در این مرحله حدود ۰/۵ تا یک گرم از باقی‌مانده مواد خوراکی که قبلاً در

شکمبه انکوباسیون شده‌اند را در داخل کیسه‌های نایلونی با منافذ ۵۰ میکرومتر ریخته شده و ۳۰ عدد کیسه‌ها در داخل هر بطری دستگاه هضم بعد شکمبه‌ای قرار گرفت. به هر بطری دو لیتر محلول ۰/۱ نرمال اسید کلریدریک با pH ۹/۱ که شامل یک گرم در لیتر پپسین است، اضافه شد و با دور ثابت چرخش و دمای ۳۹ درجه سلسیوس به‌مدت یک ساعت انکوباسیون شد. بعد از انکوباسیون، تمام مایعات از بطری خارج شده و تا زمانی که آب شفاف از آن‌ها خارج شود، شستشو گردید. مرحله سوم، هضم روده‌ای کیسه‌ها در بطری انکوباسیون دیگری وارد شده و دو لیتر محلول پانکراتین (۰/۵ مولار بافر KH2PO4 در pH ۷/۷۵ استاندارد شده که شامل 50 ppm تیمول و سه گرم در لیتر پانکراتین بود) به بطری‌ها اضافی گردید. کیسه‌ها به‌مدت ۲۴ ساعت با دور ثابت در ۳۹ درجه سلسیوس انکوباسیون شدند. بعد از انکوباسیون مجدداً تمام مایعات تخلیه شده و تا زمانی که آب شفاف از آن‌ها خارج شود، شسته شدند. سپس، کیسه‌ها در داخل آون خشک شد و در محلی مناسب جهت اندازه‌گیری فراسنجه‌های مورد نظر نگهداری شدند، مقدار هضم با پپسین و پانکراتین از مقدار نیتروژن نمونه‌ها (بعد از انکوباسیون شکمبه‌ای) منهای نیتروژن باقی‌مانده بعد از انکوباسیون در پپسین- پانکراتین تقسیم بر مقدار نیتروژن نمونه‌ها به‌دست می‌آید (Gargallo *et al.*, 1998).

اندازه گیری تولید گاز و فراسنجه‌های آن

اندازه‌گیری تولید گاز به‌روش منک و استینگاس (Menke and Steinggass, 1988) انجام شد. بدین منظور از نمونه آسیاب شده مقدار (±۵) ۲۰۰ میلی‌گرم نمونه در داخل سرنگ شیشه‌ای مدرج ۱۰۰ میلی‌لیتری با قطر داخلی ۳۲ و طول ۲۰۰ میلی‌متر و با حجم ۱۵۰ میلی‌لیتر قرار داده شده است. سپس با شیرابه، بافر و محلول‌های مربوطه مخلوط گردید و سرنگ‌ها در دستگاه انکوباتور ساخت ایران دارای آون گردونه‌دار با جایگاه مربوطه قرار داده شد و حجم گاز تولیدی در ساعت‌های مختلف پس از خارج کردن از دستگاه قرائت و ثبت شد و در صورت داشتن حجم بیش از ۱۰۰ میلی‌لیتری گاز موجود تخلیه تا سطح ۳۰ میلی‌لیتری سرنگ پیستون آن تنظیم و صفر شد. این آزمایش به‌مدت پنج روز به طول انجامید. جهت تعیین حجم گاز حاصل از تخمیر نمونه‌ها از سرنگ‌ها، حجم گاز تولیدی براساس وزن نمونه خوراک در هر زمان با استفاده از معادله زیر تصحیح گردید.

معادله (۱) $V= (200 \times (Vt-Vb))/W$

که در آن، V: حجم گاز تصحیح‌شده (میلی‌لیتر) به‌ازای ۲۰۰ میلی‌گرم ماده خشک نمونه خوراک، Vt: حجم گاز تولیدی در سرنگ‌های فاقد نمونه خوراک، Vb: حجم گاز تولیدی در سرنگ‌های حاوی نمونه خوراک (میلی‌لیتر) و W: وزن ماده خوراک (میلی‌گرم) می‌باشد.

فراسنجه‌های تولید گاز براساس داده‌های حاصل از قرائت گاز با استفاده از مدل فرنس و همکاران (France *et al.*, 1993) با احتساب زمان تأخیر طبق معادله زیر برآورد شد.

معادله (۲) $G = A [1-e^{-c (t-L)-d (\sqrt{t} -\sqrt{L})}]$

که در آن، G: برابر با تجمع گاز تولید شده در واحد زمان است، A: برابر با مقدار کل تولید گاز (میلی‌لیتر)، c: برابر با نرخ ثابت تولید گاز (میلی‌لیتر در ساعت)، d: برابر با یک ثابت نرخ تولید گاز (میلی‌لیتر در ساعت ۱/۲)، L: برابر با فاز تأخیر، t: زمان و t ½: زمان برابر نیمی از کل زمان تولید گاز تجمعی است.

پس از اصلاح گاز تولید شده در هر زمان براساس نمونه‌های بلانک، انرژی قابل متابولیسم، انرژی ویژه شیردهی و ماده آلی قابل هضم توسط معادله‌های منک و استنگاس (Menke and Steinggass, 1988) محاسبه گردید. میزان اسیدهای چرب کوتاه زنجیر طبق معادله گتاچیو و همکاران (Getachew *et al.*, 2002) به‌صورت زیر برآورد شد:

معادله (۳)

$$SCFA (mmol) = -0.00425 + 0.0222 \times GP$$
$$ME (MJ/kg DM) =2.20 + 0.136 \times GP + 0.057 \times CP$$
$$OMD (\%) =14.88 + 0.889 \times GP + 0.45 \times CP + 0.0651\times CA$$

که در آن، ME: انرژی متابولیسمی (مگاژول بر کیلوگرم ماده خشک)، GP: گاز تولیدی خالص ۲۴ ساعت (میلی‌لیتر بر ۲۰۰ میلی‌گرم ماده خشک)، CP: پروتئین خام (درصد ماده خشک) و EE چربی خام (درصد ماده خشک)، CA: خاکستر خام (در صد ماده خشک)، DOM: قابلیت هضم ماده آلی (در صد ماده خشک و SCFA: اسیدهای چرب کوتاه زنجیر (میلی‌مول) می‌باشد.

تجزیه و تحلیل آماری

پس از انجام محاسبات اولیه و جمع‌آوری کلیه داده‌ها، جهت تجزیه‌وتحلیل آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS (SAS, 2003) در قالب طرح کاملاً تصادفی و آزمایش فاکتوریل ۴ × ۴ (چهار سطح ملاس و چهار منبع آنزیم) با رویه GLM طبق مدل و معادله آماری زیر انجام شد:

معادله (۴) $Y_{ijk}=\mu+M_i+E_j+ME_{ij}+e_{ijk}$

که در آن، M: فاکتور اول اثر سطح ملاس، E: فاکتور دوم اثر نوع آنزیم، GF: اثر متقابل سطح ملاس و نوع آنزیم و e_{ijk}: اثر اشتباه آزمایشی بود.

نتایج و بحث

ترکیبات شیمیایی

با توجه به نتایج جدول ۱ مشاهده شد که با فرآوری کاه نخود با اوره، ملاس و آنزیم، میزان پروتئین خام تیمارها افزایش یافته است (P<۰/۰۵). قیاسوند و همکاران (Ghiasvand *et al.*, 2012) گزارش

کردند که کاه کلزای فرآوری شـده بـا اوره و اوره بـه همـراه مـلاس، دارای درصد پروتئین خام بیشتری نسبت به شاهد بودند.

جدول ۱- ترکیبات شیمیایی کاه نخود فرآوری شده با اوره، ملاس و آنزیم (درصد در ماده خشک)

Table 1- Chemical composition of chickpea straw processed with urea, molasses and enzyme (٪ in dry matter)

تیمارها Treatments	ماده خشک DM	پروتئین خام CP	عصاره اتری EE	خاکستر Ash	الیاف نامحلول در شوینده خنثی NDF	الیاف نامحلول در شوینده اسیدی ADF
کاه نخود بدون فراوری Unprocessed chickpea straw	95.25	4.50	1.01	12.35	54.65	42.30
۱ UM0E0	94.27^{ab}	12.06^{k}	1.15^{h}	15.55^{defgh}	53.67^{ab}	32.80
۲ UM0CAs	95.94^{ab}	12.63^{j}	1.13^{h}	26.78^{a}	51.20^{abcd}	36.20
۳ UM0Lr	96.31^{ab}	12.63^{j}	1.28^{f}	19.89^{bc}	50.53^{bcde}	35.13
۴ UM0Lr + ECAs	95.35^{ab}	13.12^{h}	1.20^{g}	16.26^{defg}	53.20^{ab}	31.87
۵ UM2%E0	94.83^{ab}	15.33^{b}	1.10^{h}	18.22^{bcd}	50.47^{bcde}	34.93
۶ UM2%ECAs	94.62^{ab}	13.21^{h}	1.27^{fg}	15.49^{defgh}	47.60^{e}	31.13
۷ UM2%ELr	95.74^{ab}	13.43^{g}	2.12^{b}	14.67^{efgh}	48.67^{de}	35.27
۸ UM2%Lr + ECAs	96.50^{ab}	13.60^{f}	1.55^{e}	15.11^{efgh}	49.40^{cde}	34.67
۹ UM4%E0	94.15^{b}	14.71^{d}	2.23^{a}	20.33^{b}	50.67^{bcde}	36.27
۱۰ UM4%ECAs	95.11^{ab}	12.95^{i}	1.95^{c}	16.44^{def}	52.00^{abcd}	36.67
۱۱ UM4%Lr	96.40^{ab}	15.87^{a}	1.92^{c}	19.78^{bc}	49.07^{de}	33.40
۱۲ UM4%Lr + ECAs	96.30^{ab}	15.16^{c}	2.17^{b}	17.00^{cde}	52.73^{abc}	34.40
۱۳ UM6%E0	94.29^{ab}	15.95^{a}	1.55^{e}	12.71^{h}	53.27^{a}	33.73
۱۴ UM6%ECAs	95.99^{ab}	13.51^{fg}	1.12^{h}	13.89^{fgh}	51.60^{abcd}	33.63
۱۵ UM6%Lr	96.75^{a}	13.98^{e}	1.15^{h}	13.67^{fgh}	50.60^{bcde}	32.67
۱۶ UM6%Lr + ECAs	96.07^{ab}	15.95^{a}	1.65^{d}	13.22^{gh}	52.87^{abc}	31.87
مقدار احتمال معنی‌داری P-value	0.04	0.01	0.01	0.01	0.01	0.39
میانگین خطای استاندارد SEM	1.43	0.043	0.019	1.30	1.17	3.84

تیمارهای آزمایشی شامل: ۱- کاه نخود حاوی اوره، بدون ملاس و بدون آنزیم (UM0E0)، ۲- کاه نخود حاوی اوره، بدون ملاس و با آنزیم سلولاز قارچی (UM0CAs)، ۳- کاه نخود حاوی اوره، بدون ملاس و با شیرابه شکمبه (UM0Lr)، ۴- کاه نخود حاوی اوره، بدون ملاس و با نسبت مساوی آنزیم سلولاز و شیرابه شکمبه (UM0Lr + ECAs)، ۵- کاه نخود حاوی اوره، با دو درصد ملاس و بدون آنزیم (UM2%E0)، ۶- کاه نخود حاوی اوره، با دو درصد ملاس و با آنزیم سلولاز قارچی (UM2%ECAs)، ۷- کاه نخود حاوی اوره، با دو درصد ملاس و با شیرابه شکمبه (UM2%ELr)، ۸- کاه نخود حاوی اوره، با دو درصد ملاس و با نسبت مساوی آنزیم سلولاز و شیرابه شکمبه (UM2%Lr + ECAs)، ۹- کاه نخود حاوی اوره، با چهار درصد ملاس و بدون آنزیم (UM4%E0)، ۱۰- کاه نخود حاوی اوره، با چهار درصد ملاس و با آنزیم سلولاز قارچی (UM4%ECAs)، ۱۱- کاه نخود حاوی اوره، با چهار درصد ملاس و با شیرابه شکمبه (UM4%Lr)، ۱۲- کاه نخود حاوی اوره، با چهار درصد ملاس و با نسبت مساوی آنزیم سلولاز و شیرابه شکمبه (UM4%Lr + ECAs)، ۱۳- کاه نخود حاوی اوره، با شش درصد ملاس و بدون آنزیم (UM6%E0)، ۱۴- کاه نخود حاوی اوره، با شش درصد ملاس و با آنزیم سلولاز قارچی (UM6%ECAs)، ۱۵- کاه نخود حاوی اوره، با شش درصد ملاس و با شیرابه شکمبه (UM6%Lr)، ۱۶- کاه نخود حاوی اوره، با شش درصد ملاس و با نسبت مساوی آنزیم سلولاز و شیرابه شکمبه (UM6%Lr + ECAs).

- حروف انگلیسی نامشابه در هر ستون نشان‌دهنده احتمال معنی‌داری در سطح پنج درصد می‌باشد.

−Experimental treatments include: 1- Chickpea straw containing urea, without molasses and without enzyme (UM0E0), 2- Chickpea straw containing urea, without molasses and with fungal cellulase enzyme (UM0CAs), 3- Chickpea straw containing urea, without molasses and with rumen liquid (UM0Lr), 4- Chickpea straw containing urea, without molasses and with an equal ratio of cellulase enzyme and rumen liquid (UM0Lr + ECAs), 5- Chickpea straw containing urea, with two percent molasses and without enzyme (UM2%E0), 6 - Chickpea straw containing urea, with two percent molasses and with fungal cellulase enzyme (UM2%ECAs), 7- Chickpea straw containing urea, with two percent molasses and rumen liquid (UM2%ELr), 8- Chickpea straw containing urea, with Two percent molasses and with an equal ratio of cellulase enzyme and rumen liquid (UM2%Lr + ECAs), 9- Chickpea straw containing urea, with four percent molasses and no enzyme (UM4%E0), 10- Chickpea straw containing urea, with four percent molasses and with fungal cellulase enzyme (UM4%ECAs), 11- Chickpea straw containing urea, with four percent molasses and rumen liquid (UM4%Lr), 12- Chickpea straw containing urea, with four percent molasses and with an equal proportion of cellulase enzyme and rumen liquid (UM4%Lr + ECAs), 13- Chickpea straw containing urea, with six percent molasses and without enzyme (UM6%E0), 14- Chickpea straw containing urea, with six percent molasses and with fungal cellulase enzyme (UM6% ECAs), 15- Chickpea straw containing urea, with six percent molasses and rumen liquid (UM6%Lr), 16- Chickpea straw containing urea, with six percent molasses and with an equal ratio of cellulase enzyme and rumen liquid (UM6%Lr + ECAs).

$^{a, b}$: English letters in each line indicate a significant difference between the means at the probability level (P<0.05).

بالا بودن درصد پروتئین کاه کلزای فرآوری شده با اوره و اوره با ملاس به‌علت افزودن اوره و ترکیب آمونیاک حاصل از تجزیه اوره و تشکیل کربنات آمونیوم می‌باشد (Van Soest, 2006) این نتایج با یافته‌های قانووم و همکاران (Gunun *et al.*, 2013) در بررسی تأثیر فرآوری اوره بر واریته‌های مختلف برنج مطابقت دارد. نتایج پژوهش مهدیخوانی بازهوز و همکاران (Mehdikhani Bazehoze *et al.*, 2009) نشان داد که عمل‌آوری کاه گندم با اوره و ملاس، محتوی پروتئین خام کاه را از ۳/۴ درصد به ۷/۵ درصد افزایش می‌دهد.

در عمل‌آوری کاه گندم به‌وسیله چلیک و همکاران (Celik *et al.*, 2009) با پنج درصد اوره میزان پروتئین خام کاه از ۴/۰۶ در کاه گندم عمل‌آوری نشده به ۸/۳۸ درصد در کاه گندم عمل‌آوری شده با اوره افزایش پیدا کرد (Celik *et al.*, 2009). خراسانی و همکاران (Khorasani *et al.*, 2014) گزارش کردند که فرآوری برگ خرما با آنزیم، آنزیم به همراه اوره، آنزیم با ملاس و آنزیم با ملاس و اوره باعث افزایش درصد پروتئین خام شد.

نتایج پژوهش حاضر نشان می‌دهد که افزودن ملاس، افزودن آنزیم و ترکیب ملاس با شیرابه شکمبه و نسبت دو آنزیم باعث افزایش درصد ماده خشک کاه نخود شده است (P<۰/۰۵). علیخانی و همکاران (Alikhani *et al.*, 2005) اذعان داشتند که افزودن ملاس تأثیر معنی‌داری در افزایش ماده خشک سیلو داشت. ملاس ۷۵ درصد ماده خشک دارد، با در نظر گرفتن افزودن ملاس به‌مقدار چهار درصد، منطقی است که افزایش ماده خشک سیلوها را بیشتر در نتیجه افزودن ملاس دانست تا بهبود کیفیت تخمیر. هرچند که با بهبود کیفیت تخمیر در اثر اضافه شدن ملاس از اتلاف ماده خشک سیلو هم جلوگیری می‌شود (Mc Donald *et al.*, 1990). در مطالعه دی فیگوردو و ماریس (De Figuerido and Marais, 1994)، ماده خشک سیلاژ گراس کیکویو پس از اضافه شدن ملاس تغییر معنی داری در مقایسه با سیلاژ شاهد نداشت. خراسانی و همکاران (Khorasani *et al.*, 2014) گزارش دادند که افزودن ملاس و ترکیب ملاس با آنزیم به سیلاژ برگ درخت خرما باعث افزایش درصد ماده خشک می‌شود، درحالی‌که افزودن آنزیم به تنهایی به آن باعث کاهش درصد ماده خشک شد.

طبق نتایج به‌دست آمده افزودن ملاس و ترکیب ملاس با آنزیم در کاه نخود باعث کاهش درصد دیواره سلولی و دیواره سلولی بدون همی‌سلولز می‌شود (P<۰/۰۵). افزودن نسبت دو آنزیم نیز باعث کاهش دیواره سلولی بدون همی‌سلولز در مقایسه با کاه نخود فرآوری نشده، شد (P<۰/۰۵). علیخانی و همکاران (Alikhani *et al.*, 2005) گزارش دادند که افزودن ملاس به تنهایی بر سیلاژ آفتابگردان کاهش معنی‌داری در دیواره سلولی و دیواره سلولی بدون همی‌سلولز داشت و افزود، کاهش دیواره سلولی و دیواره سلولی بدون همی‌سلولز در این تیمارها ممکن است در نتیجه فرآیند سیلو کردن و یا افزودن ملاس باشد. احتمال دارد که این کاهش به‌دلیل عمل ریزجانداران سیلو روی کربوهیدرات‌های ساختمانی بوده است که NDF وADF را به مقدار بیشتری هضم و کاهش داده است یا اینکه کاهش دیواره سلولی و دیواره سلولی بدون همی‌سلولز در نتیجه اثر رقیق‌کنندگی ملاس باشد. مطالعات دیگر نشان دادند که ترکیب اوره با ملاس، اوره با آنزیم و اوره، ملاس و آنزیم در سیلاژ برگ درخت خرما باعث کاهش NDF و ADF شدند (Khorasani *et al.*, 2014). قیاسوند و همکاران (Ghiasvand *et al.*, 2012) گزارش کردند که در فرآوری کاه کلزا با روش‌های شیمیایی مختلف، دیواره سلولی بدون همی‌سلولز فقط در تیمار اوره به همراه ملاس به‌طور معنی‌دار کاهش یافت.

نتایج قابلیت هضم شکمبه‌ای و بعد شکمبه‌ای

قابلیت هضم شکمبه‌ای و بعد شکمبه‌ای ماده خشک: در کاه نخود افزودن ملاس در سطح چهار درصد باعث افزایش قابلیت هضم شکمبه‌ای، بعد شکمبه‌ای و قابلیت هضم ماده خشک در کل دستگاه گوارش شده است (جدول ۲) (P<۰/۰۵).

در گزارشی، افزودن ملاس و کاه برنج تیمار شده با اوره به علوفه‌های مختلف باعث کاهش قابلیت هضم ماده خشک شد (Alam *et al.*, 2016) . افزودن آنزیم باعث افزایش قابلیت هضم شکمبه‌ای، بعد شکمبه‌ای و قابلیت هضم ماده خشک در کل دستگاه گوارش شد.

نتایج پژوهش الوارز و همکاران (Alvarez *et al.*, 2009) مبنی بر افزودن آنزیم به جیره با فیبر بالا نشان داد که افزودن فیبروزیم به جیره منجر به افزایش ناپدید شدن شکمبه‌ای ماده خشک می‌شود. چندین مطالعه نشان داده است که افزودن آنزیم هم در شرایط in vitro و in vivo، قابلیت هضم ماده خشک را افزایش دادند (Gado *et al.*, 2009, 2011). افزودن آنزیم سبب بهبود قابلیت هضم ماده خشک و ماده آلی مواد خوراکی شده است (Yu *et al.*, 2005). محققان دیگر گزارش کردند که افزودن آنزیم فیبرولیتیک به جیره بره ها باعث افزایش قابلیت هضم ماده خشک می‌شود (Titi *et al.*, 2004; Muwalla *et al.*, 2007). محمودی و عربی (Mahmoodi and Aliarabi, 2012) گزارش کردند که استفاده از سطوح مختلف آنزیم فیبرولیتیک با منشأ خارجی به جیره باعث افزایش قابلیت هضم ماده خشک می‌شود.

کاربرد آنزیم فیبرولیتیک با منشأ خارجی در جیره نشخوارکنندگان باعث افزایش گوارش‌پذیری ماده خشک می‌شود، دلیل این امر را افزایش تعداد میکروب‌های شکمبه و افزایش ظرفیت شکمبه برای

گوارش‌پذیری خوراک ذکر کردند (Beauchemin *et al.*, 2007; Yang *et al.*, 1999).

جدول ۲- قابلیت هضم شکمبه‌ای و بعد شکمبه‌ای ماده خشک کاه نخود فرآوری شده با اوره، ملاس و آنزیم

Table 2- Ruminal and post-ruminal digestibility of dry matter of chickpea straw processed with urea, molasses and enzymes

تیمارها Treatments	قابلیت هضم شکمبه‌ای ماده خشک RDDM (ruminal)	قابلیت هضم روده‌ای ماده خشک IDDM (post-ruminal)	قابلیت هضم ماده خشک در کل دستگاه گوارش IDTDM (total tract)
۱ UM0E0	32.73[cd]	18.86[f]	45.41[c]
۲ UM0CAs	29.53[cde]	19.53[ef]	43.30[cd]
۳ UM0Lr	45.20[ab]	21[de]	56.68[a]
۴ UM0Lr + ECAs	37.06[bc]	16.06[gh]	46.56[bc]
۵ UM2%E0	26.73[de]	19.80[ef]	41.24[cd]
۶ UM2%ECAs	25.93[de]	23.06[abc]	43.02[cd]
۷ UM2%ELr	24.53[de]	23.80[ab]	42.49[cd]
۸ UM2%Lr + ECAs	26[de]	24.40[a]	44.06[cd]
۹ UM4%E0	43.86[ab]	16.26[g]	52.99[ab]
۱۰ UM4%ECAs	50.60[a]	13.06[i]	55.06[a]
۱۱ UM4%Lr	41.93[ab]	21.60[cd]	54.46[a]
۱۲ UM4%Lr + ECAs	47.80[a]	14[h]	55.11[a]
۱۳ UM6%E0	24.26[de]	19.53[ef]	39.07[cd]
۱۴ UM6%ECAs	19.73[e]	21.80[cd]	37.24[d]
۱۵ UM6%Lr	26.26[de]	18.80[f]	40.13[cd]
۱۶ UM6%Lr + ECAs	27.20[de]	22.20[bcd]	43.44[cd]
مقدار احتمال معنی‌داری P-value	0.001	0.001	0.001
میانگین خطای استاندارد SEM	2.98	۳0.5	2.3

- تیمارهای آزمایشی شامل: ۱- کاه نخود حاوی اوره، بدون ملاس و بدون آنزیم (UM0E0)، ۲- کاه نخود حاوی اوره، بدون ملاس و با آنزیم سلولاز قارچی (UM0CAs)، ۳- کاه نخود حاوی اوره، بدون ملاس و با شیرابه شکمبه (UM0Lr)، ۴- کاه نخود حاوی اوره، بدون ملاس و با نسبت مساوی آنزیم سلولاز و شیرابه شکمبه (UM0Lr + ECAs)، ۵- کاه نخود حاوی اوره، با دو درصد ملاس و بدون آنزیم (UM2%E0)، ۶- کاه نخود حاوی اوره، با دو درصد ملاس و با آنزیم سلولاز قارچی (UM2%ECAs)، ۷- کاه نخود حاوی اوره، با دو درصد ملاس و با شیرابه شکمبه (UM2%ELr)، ۸- کاه نخود حاوی اوره، با دو درصد ملاس و با نسبت مساوی آنزیم سلولاز و شیرابه شکمبه (UM2%Lr + ECAs)، ۹- کاه نخود حاوی اوره، با چهار درصد ملاس و بدون آنزیم (UM4%E0)، ۱۰- کاه نخود حاوی اوره، با چهار درصد ملاس و با آنزیم سلولاز قارچی (UM4%ECAs)، ۱۱- کاه نخود حاوی اوره، با چهار درصد ملاس و با شیرابه شکمبه (UM4%Lr)، ۱۲- کاه نخود حاوی اوره، با چهار درصد ملاس و با نسبت مساوی آنزیم سلولاز و شیرابه شکمبه (UM4%Lr + ECAs)، ۱۳- کاه نخود حاوی اوره، با شش درصد ملاس و بدون آنزیم (UM6%E0)، ۱۴- کاه نخود حاوی اوره، با شش درصد ملاس و با آنزیم سلولاز قارچی (UM6%ECAs)، ۱۵- کاه نخود حاوی اوره، با شش درصد ملاس و با شیرابه شکمبه (UM6%Lr)، ۱۶- کاه نخود حاوی اوره، با شش درصد ملاس و با نسبت مساوی آنزیم سلولاز و شیرابه شکمبه (UM6%Lr + ECAs).

- حروف انگلیسی نامشابه در هر ستون نشان‌دهنده احتمال معنی‌داری در سطح پنج درصد می‌باشد.

-Experimental treatments include: 1- Chickpea straw containing urea, without molasses and without enzyme (UM0E0), 2- Chickpea straw containing urea, without molasses and with fungal cellulase enzyme (UM0CAs), 3- Chickpea straw containing urea, without molasses and with rumen liquid (UM0Lr), 4- Chickpea straw containing urea, without molasses and with an equal ratio of cellulase enzyme and rumen liquid (UM0Lr + ECAs), 5- Chickpea straw containing urea, with two percent molasses and without enzyme (UM2%E0), 6 - Chickpea straw containing urea, with two percent molasses and with fungal cellulase enzyme (UM2%ECAs), 7- Chickpea straw containing urea, with two percent molasses and rumen liquid (UM2%ELr), 8- Chickpea straw containing urea, with Two percent molasses and with an equal ratio of cellulase enzyme and rumen liquid (UM2%Lr + ECAs), 9- Chickpea straw containing urea, with four percent molasses and no enzyme (UM4%E0), 10- Chickpea straw containing urea, with four percent molasses and with fungal cellulase enzyme (UM4%ECAs), 11- Chickpea straw containing urea, with four percent molasses and rumen liquid (UM4%Lr), 12- Chickpea straw containing urea, with four percent molasses and with an equal proportion of cellulase enzyme and rumen liquid (UM4%Lr + ECAs), 13- Chickpea straw containing urea, with six percent molasses and without enzyme (UM6%E0), 14- Chickpea straw containing urea, with six percent molasses and with fungal cellulase enzyme (UM6% ECAs), 15- Chickpea straw containing urea, with six percent molasses and rumen liquid (UM6%Lr), 16- Chickpea straw containing urea, with six percent molasses and with an equal ratio of cellulase enzyme and rumen liquid (UM6%Lr + ECAs).

[a, b]: English letters in each line indicate a significant difference between the means at the probability level ($P<0.05$).

کانگ و همکاران (Kung *et al.*, 2000a,b) گزارش کردند که با افزودن آنزیم فیبرولیتیک با منشأ خارجی قبل از خوراک‌دهی ممکن

است از طریق سازوکارهای مختلف شامل هیدرولیز مستقیم، افـزایش حمله میکروبی، تغییر در مکان گوارش‌پـذیری مـواد مغـذی و اضـافه شدن آنزیم‌های داخلی شکمبه باعث افزایش گوارش‌پـذیری خـوراک شود.

ترکیب سطوح مختلف ملاس با شیرابه شکمبه در کاه نخود باعث کـاهش قابلیـت هضـم مـاده خشـک در کـل دسـتگاه گـوارش شـد (P<۰/۰۵).

قابلیت هضم شکمبه‌ای و بعد شکمبه‌ای پـروتئین خـام: در ایـن پژوهش، تأثیر عمل‌آوری کاه نخود با اوره، ملاس و آنزیم بـر قابلیـت هضم شکمبه‌ای پروتئین خام، قابلیت هضم روده‌ای پروتئین غیر قابل تجزیه در شکمبه و قابلیت هضم پروتئین خام در کل دستگاه گـوارش مورد بررسی قرار گرفت (جدول ۳).

نتایج تحقیق حاضر نشان داد که افـزودن مـلاس بـه کـاه نخـود باعث افزایش در قابلیت هضم شکمبه‌ای پروتئین خام، قابلیـت هضـم روده‌ای پروتئین غیر قابل تجزیه در شکمبه و قابلیت هضـم پـروتئین خام در کل دستگاه گوارش شد (P<۰/۰۵). آلام و همکـاران (Alam et al., 2016) گزارش کردند که افزودن ملاس و کاه برنج تیمار شده با اوره به علوفه‌های مختلف باعث افزایش قابلیت هضم پروتئین خـام می‌شود. افزودن آنزیم فیبرولیتیک به جیره با فیبر بـالا در گوسـاله‌هـا باعث افزایش قابلیت هضم شکمبه‌ای پروتئین خام شد (Alvarez et al., 2009). زیـنن و سـالیناز (Zinn and Salinas, 1999) گـزارش کردند که کاربرد آنزیم فیبرولیتیک با منشأ خارجی در جیـره گاوهـای شیری، قابلیت هضم شکمبه‌ای نیتروژن را پنج درصد افزایش می‌دهد. یانگ و همکاران (Yang et al., 2000) گزارش دادند که اسـتفاده از آنزیم فیبرولیتیک با منشأ خارجی در جیره گاوهـای اوایـل شـیردهی، افزایش قابلیت هضم پروتئین را در پی داشت کـه بـا نتـایج پـژوهش حاضر مطابقت داشت. ترکیب آنزیم با سطوح مختلـف مـلاس باعـث افزایش قابلیت هضم شکمبه‌ای پروتئین خـام، قابلیـت هضـم روده‌ای پروتئین غیر قابل تجزیه در شکمبه و قابلیت هضـم پـروتئین خـام در کل دستگاه گوارش می‌شود.

آزمون تولید گاز

در این پژوهش، تأثیر عمل‌آوری کاه نخود با اوره، مـلاس، آنـزیم (سلولاز قارچی، مایع شکمبه فرآوری شده و ترکیب دو آنزیم) بـه‌ازای هر گرم ماده خشک در بین تیمارها بر تولید گـاز مـورد ارزیـابی قـرار گرفت (جدول ۴) و مشاهده شد که افزودن آنزیم باعث افزایش تولیـد گاز شد (P<۰/۰۵) که با گزارش یو و همکـاران (Yu et al., 2005) مبنی بر افزودن آنزیم، تولیـد گـاز در شـرایط آزمایشـگاهی را بـه‌طور مؤثری بهبود می‌بخشد، مطابقت داشت. همچنین در گزارش الگانـدور و همکاران (Elghandour et al., 2013) مشـاهده شـد کـه افـزودن آنزیم بر خوراک میزان تولیـد گـاز در ۲۴ سـاعت را به‌صـورت خطـی افزایش می‌دهد.

با افزودن ملاس، تولید گاز در تمامی ساعات انکوباسیون افزایش یافت، این افزایش در سطح ملاس دو درصد بیشتر بود (P<۰/۰۵) که با نتایج سلطانی ناصری و همکاران (Soltani Naseri et al., 2018) مطابقت داشت. در آزمایشی که شـوری‌آبـی (Shoryabi, 2014) بـر روی کاه کنجد عمل آوری شده با اوره، ملاس و آنزیم انجام داده بود مشاهده کرد که با افزودن ملاس به کاه کنجد تولید گاز افزایش مـی یابد.

افزودن آنزیم به کاه نخود موجب افزایش تولید گاز همه تیمـارهـا در تمامی ساعات انکوباسیون شد (P<۰/۰۵).

محمد آبادی و چاجی (Mohammadabadi and Chaji, 2011) در پژوهشی که بر روی کاه کنجـد عمـل آوری شـده بـا آنـزیم‌هـای اگزوژنوس انجام داده بودند مشاهده کردند کـه افـزودن آنـزیم باعـث افزایش تولید گاز در ساعات مختلف انکوباسیون می‌شود که بـا نتـایج حاضر مطابقت داشت. در آزمایش دیگری که بر روی خوراک‌هـای بـا کیفیت پایین انجام گرفته بود دریافتنـد کـه افـزودن آنـزیم سـلولاز و زایلاناز به خوراک باعث افزایش تولید گاز تجمعی مـی‌شـود کـه ایـن افزایش با افزودن بر مقدار آنزیم نیز بیشتر می‌شود (Gemeda et al., 2014) . در مطالعاتی که بر روی تأثیر ۲۶ افزودنی آنزیمی در فرآوری کاه برنج و علوفه یونجه انجام گرفته بود نشان داد که افزودن هریـک از آنزیم‌ها موجب افـزایش در تولیـد گـاز مـی‌شـود (Yang et al., 2011). نتایج حاصل از تأثیر آنزیم بر تولید گاز کاه نخود فرآوری شده با نتایج سـوجانی و همکـاران (Sujani et al., 2016) نیـز مطابقـت داشت. نتایج پژوهش حاضر نشان می‌دهد که ترکیب آنزیم با مـلاس باعث افزایش تولید گاز در ساعات مختلف انکوباسیون شد (P<۰/۰۵) که با نتایج خراسانی و همکاران (Khorasani et al., 2014) مبنی بر افزودن ترکیب اوره به همراه ملاس، اوره بـا آنـزیم و اوره بـه همـراه ملاس و با آنزیم به سیلاژ برگ درخت خرما باعث افزایش تولید گـاز در ساعات مختلف انکوباسیون می‌شود مطابقت دارد.

جدول ۳- قابلیت هضم شکمبه‌ای و بعد شکمبه‌ای پروتئین خام کاه نخود فرآوری شده با اوره، ملاس و آنزیم (درصد در ماده خشک)

Table 3- Ruminal and post-ruminal digestibility of raw chickpea straw protein processed with urea, molasses and enzymes (% in dry matter)

تیمارها Treatments	قابلیت هضم شکمبه‌ای پروتئین خام RDP (ruminal)	قابلیت هضم روده‌ای پروتئین غیر قابل تجزیه در شکمبه IDRUP (post–ruminal)	قابلیت هضم پروتئین خام در کل دستگاه گوارش IDCP (total tract)
۱ UM0E0	10.19^{e}	7.84^{fg}	17.23^{j}
۲ UM0CAs	5.11^{g}	7.18^{g}	10.07^{k}
۳ UM0Lr	5.93^{g}	13.95^{e}	19.05^{j}
۴ UM0Lr + ECAs	8.88^{f}	38.62^{b}	44.07^{b}
۵ UM2%E0	12.7^{d}	12.83^{e}	25.45^{h}
۶ UM2%ECAs	10.79^{e}	37.57^{b}	38.69^{c}
۷ UM2%ELr	9.61^{e}	44.12^{a}	47.82^{a}
۸ UM2%Lr + ECAs	12.01^{d}	28.73^{c}	34.69^{d}
۹ UM4%E0	15.89^{a}	13.96^{e}	27.63^{g}
۱۰ UM4%ECAs	10.77^{e}	14.30^{e}	25.53^{h}
۱۱ UM4%Lr	12.90^{d}	22.57^{d}	32.57^{e}
۱۲ UM4%Lr + ECAs	13.28^{cd}	26.93^{c}	36.64^{d}
۱۳ UM6%E0	14.76^{b}	15.54^{e}	28.01^{g}
۱۴ UM6%ECAs	10.66^{e}	7.83^{fg}	17.66^{ij}
۱۵ UM6%Lr	12.33^{bc}	28.20^{c}	29.87^{h}
۱۶ UM6%Lr + ECAs	14.21^{bc}	27.06^{c}	21.98^{h}
مقدار احتمال معنی‌داری P-value	0.001	0.001	0.001
میانگین خطای استاندارد SEM	0.39	0.59	0.54

تیمارهای آزمایشی شامل: ۱- کاه نخود حاوی اوره، بدون ملاس و بدون آنزیم (UM0E0)، ۲- کاه نخود حاوی اوره، بدون ملاس و با آنزیم سلولاز قارچی (UM0CAs)، ۳- کاه نخود حاوی اوره، بدون ملاس و با شیرابه شکمبه (UM0Lr)، ۴- کاه نخود حاوی اوره، بدون ملاس و با نسبت مساوی آنزیم سلولاز و شیرابه شکمبه (UM0Lr + ECAs)، ۵- کاه نخود حاوی اوره، با دو درصد ملاس و بدون آنزیم (UM2%E0)، ۶- کاه نخود حاوی اوره، با دو درصد ملاس و با آنزیم سلولاز قارچی (UM2%ECAs)، ۷- کاه نخود حاوی اوره، با دو درصد ملاس و با شیرابه شکمبه (UM2%ELr)، ۸- کاه نخود حاوی اوره، با دو درصد ملاس و با نسبت مساوی آنزیم سلولاز و شیرابه شکمبه (UM2%Lr + ECAs)، ۹- کاه نخود حاوی اوره، با چهار درصد ملاس و بدون آنزیم (UM4%E0)، ۱۰- کاه نخود حاوی اوره، با چهار درصد ملاس و با آنزیم سلولاز قارچی (UM4%ECAs)، ۱۱- کاه نخود حاوی اوره، با چهار درصد ملاس و با شیرابه شکمبه (UM4%Lr)، ۱۲- کاه نخود حاوی اوره، با چهار درصد ملاس و با نسبت مساوی آنزیم سلولاز و شیرابه شکمبه (UM4%Lr + ECAs)، ۱۳- کاه نخود حاوی اوره، با شش درصد ملاس و بدون آنزیم (UM6%E0)، ۱۴- کاه نخود حاوی اوره، با شش درصد ملاس و با آنزیم سلولاز قارچی (UM6%ECAs)، ۱۵- کاه نخود حاوی اوره، با شش درصد ملاس و با شیرابه شکمبه (UM6%Lr)، ۱۶- کاه نخود حاوی اوره، با شش درصد ملاس و با نسبت مساوی آنزیم سلولاز و شیرابه شکمبه (UM6%Lr + ECAs).

حروف انگلیسی نامشابه در هر ستون نشان‌دهنده احتمال معنی‌داری در سطح پنج درصد می‌باشد.

–Experimental treatments include: 1- Chickpea straw containing urea, without molasses and without enzyme (UM0E0), 2- Chickpea straw containing urea, without molasses and with fungal cellulase enzyme (UM0CAs), 3- Chickpea straw containing urea, without molasses and with rumen liquid (UM0Lr), 4- Chickpea straw containing urea, without molasses and with an equal ratio of cellulase enzyme and rumen liquid (UM0Lr + ECAs), 5- Chickpea straw containing urea, with two percent molasses and without enzyme (UM2%E0), 6 - Chickpea straw containing urea, with two percent molasses and with fungal cellulase enzyme (UM2%ECAs), 7- Chickpea straw containing urea, with two percent molasses and rumen liquid (UM2%ELr), 8- Chickpea straw containing urea, with Two percent molasses and with an equal ratio of cellulase enzyme and rumen liquid (UM2%Lr + ECAs), 9- Chickpea straw containing urea, with four percent molasses and no enzyme (UM4%E0), 10- Chickpea straw containing urea, with four percent molasses and with fungal cellulase enzyme (UM4%ECAs), 11- Chickpea straw containing urea, with four percent molasses and rumen liquid (UM4%Lr), 12- Chickpea straw containing urea, with four percent molasses and with an equal proportion of cellulase enzyme and rumen liquid (UM4%Lr + ECAs), 13- Chickpea straw containing urea, with six percent molasses and without enzyme (UM6%E0), 14- Chickpea straw containing urea, with six percent molasses and with fungal cellulase enzyme (UM6% ECAs), 15- Chickpea straw containing urea, with six percent molasses and rumen liquid (UM6%Lr), 16- Chickpea straw containing urea, with six percent molasses and with an equal ratio of cellulase enzyme and rumen liquid (UM6%Lr + ECAs).

[a, b]: English letters in each line indicate a significant difference between the means at the probability level (P<0.05).

جدول ٤- تأثیر فرآوری کاه نخود با اوره، ملاس و آنزیم بر میزان گاز تولید شده (میلی‌لیتر به‌ازای هر گرم نمونه) در ساعات مختلف انکوباسیون

Table 4- The effect of processing chickpea straw with urea, molasses and enzyme on the amount of gas produced (ml/g of sample) at different incubation hours

تیمارها **Treatments**	ساعت ۲ **2 hours**	ساعت ٤ **4 hours**	ساعت ٦ **6 hours**	ساعت ۸ **8 hours**	ساعت ۱۲ **12 hours**	ساعت ۲٤ **24 hours**	ساعت ٤۸ **48 hours**	ساعت ۷۲ **72 hours**	ساعت ۹٦ **96 hours**
۱ UM0E0	43.33^{c}	70.02^{bc}	45.02^{ef}	83.37^{cde}	116.70^{bc}	136.68^{bc}	141.68^{bcd}	145.85^{bcd}	146.37^{bc}
۲ UM0CAs	53.33^{bc}	71.68^{bc}	81.68^{bcd}	91.70^{bcd}	113.37^{bc}	128.35^{bcd}	133.35^{bcde}	135.85^{bcde}	136.20^{bcd}
۳ UM0Lr	50^{bc}	73.35^{bc}	86.68^{bcd}	95.03^{bcd}	125.03^{bc}	145.02^{bc}	151.68^{bc}	155.85^{bc}	156.20^{bc}
۴ UM0Lr + ECAs	48.33^{bc}	70.02^{bc}	78.35^{bcd}	86.70^{bcd}	108.37^{bc}	126.68^{bcd}	131.68^{bcde}	133.18^{bcd}	133.53^{bcd}
۵ UM2%E0	71.66^{a}	103.35^{a}	125.02^{a}	140.03^{a}	175.03^{a}	196.68^{a}	200.02^{a}	202.52^{a}	202.87^{a}
۶ UM2%ECAs	21.66^{d}	35.02^{d}	45.02^{ef}	56.70^{ef}	73.37^{de}	86.68^{ef}	91.68^{f}	94.18^{f}	94.53^{e}
۷ UM2%ELr	42.51^{c}	58.35^{c}	68.37^{de}	77.53^{def}	94.20^{cd}	114.20^{cde}	116.70^{cdef}	118.35^{cdef}	118.68^{cde}
۸ UM2%Lr + ECAs	49.18^{bc}	73.35^{bc}	91.70^{bcd}	107.53^{bc}	132.53^{b}	157.53^{b}	160.03^{b}	161.68^{b}	162.02^{b}
۹ UM4%E0	45.85^{bc}	63.35^{bc}	80.03^{bcd}	97.53^{bcd}	122.53^{bc}	147.53^{bc}	152.53^{bc}	155.02^{bc}	155.52^{bc}
۱۰ UM4%ECAs	50.85^{bc}	73.35^{bc}	90.03^{bcd}	105.87^{bcd}	130.87^{b}	160.87^{b}	165.87^{ab}	167.52^{ab}	167.85^{ab}
۱۱ UM4%Lr	52.51^{bc}	76.68^{bc}	96.70^{bc}	114.20^{ab}	137.53^{b}	164.20^{ab}	170.03^{ab}	172.52^{ab}	172.85^{ab}
۱۲ UM4%Lr + ECAs	60.85^{ab}	86.68^{ab}	105.03^{ab}	115.87^{ab}	139.20^{b}	164.20^{ab}	168.37^{ab}	170.02^{ab}	170.18^{ab}
۱۳ UM6%E0	50.85^{bc}	71.68^{bc}	86.70^{bcd}	97.53^{bcd}	120.87^{bc}	145.87^{bc}	150.87^{bc}	152.52^{bcd}	153.02^{bc}
۱۴ UM6%ECAs	22.51^{d}	33.35^{d}	45.03^{ef}	54.20^{f}	70.87^{de}	195.87^{a}	100.87^{ef}	102.52^{ef}	103.02^{de}
۱۵ UM6%Lr	49.18^{bc}	68.35^{bc}	81.70^{bcd}	92.53^{bcd}	114.20^{bc}	137.53^{bc}	142.53^{bcd}	145.85^{bcd}	147.68^{bc}
۱۶ UM6%Lr + ECAs	21.66^{d}	35^{d}	41.67^{f}	53.35^{f}	60.02^{e}	78.33^{f}	111.67^{cdef}	115.83^{def}	117.48^{cde}
مقدار احتمال معنی‌داری P-value	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
میانگین خطای استاندارد SEM	5.13	7.08	8.09	8.82	10.26	11.14	11.71	11.64	11.65

تیمارهای آزمایشی شامل: ۱- کاه نخود حاوی اوره، بدون ملاس و بدون آنزیم (UM0E0)، ۲- کاه نخود حاوی اوره، بدون ملاس و با آنزیم سلولاز قارچی (UM0CAs)، ۳- کاه نخود حاوی اوره، بدون ملاس و با شیرابه شکمبه (UM0Lr)، ۴- کاه نخود حاوی اوره، بدون ملاس و با نسبت مساوی آنزیم سلولاز و شیرابه شکمبه (UM0Lr + ECAs)، ۵- کاه نخود حاوی اوره، با دو درصد ملاس و بدون آنزیم (UM2%E0)، ۶- کاه نخود حاوی اوره، با دو درصد ملاس و با آنزیم سلولاز قارچی (UM2%ECAs)، ۷- کاه نخود حاوی اوره، با دو درصد ملاس و با شیرابه شکمبه (UM2%ELr)، ۸- کاه نخود حاوی اوره، با دو درصد ملاس و با نسبت مساوی آنزیم سلولاز و شیرابه شکمبه (UM2%Lr + ECAs)، ۹- کاه نخود حاوی اوره، با چهار درصد ملاس و بدون آنزیم (UM4%E0)، ۱۰- کاه نخود حاوی اوره، با چهار درصد ملاس و با آنزیم سلولاز قارچی (UM4%ECAs)، ۱۱- کاه نخود حاوی اوره، با چهار درصد ملاس و با شیرابه شکمبه (UM4%Lr)، ۱۲- کاه نخود حاوی اوره، با چهار درصد ملاس و با نسبت مساوی آنزیم سلولاز و شیرابه شکمبه (UM4%Lr + ECAs)، ۱۳- کاه نخود حاوی اوره، با شش درصد ملاس و بدون آنزیم (UM6%E0)، ۱۴- کاه نخود حاوی اوره، با شش درصد ملاس و با آنزیم سلولاز قارچی (UM6%ECAs)، ۱۵- کاه نخود حاوی اوره، با شش درصد ملاس و با شیرابه شکمبه (UM6%Lr)، ۱۶- کاه نخود حاوی اوره، با شش درصد ملاس و با نسبت مساوی آنزیم سلولاز و شیرابه شکمبه (UM6%Lr + ECAs).

حروف انگلیسی نامشابه در هر ستون نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح پنج درصد برای هر متغیر می‌باشد.

–Experimental treatments include: 1- Chickpea straw containing urea, without molasses and without enzyme (UM0E0), 2- Chickpea straw containing urea, without molasses and with fungal cellulase enzyme (UM0CAs), 3- Chickpea straw containing urea, without molasses and with rumen liquid (UM0Lr), 4- Chickpea straw containing urea, without molasses and with an equal ratio of cellulase enzyme and rumen liquid (UM0Lr + ECAs), 5- Chickpea straw containing urea, with two percent molasses and without enzyme (UM2%E0), 6 - Chickpea straw containing urea, with two percent molasses and with fungal cellulase enzyme (UM2%ECAs), 7- Chickpea straw containing urea, with two percent molasses and rumen liquid (UM2%ELr), 8- Chickpea straw containing urea, with Two percent molasses and with an equal ratio of cellulase enzyme and rumen liquid (UM2%Lr + ECAs), 9- Chickpea straw containing urea, with four percent molasses and no enzyme (UM4%E0), 10- Chickpea straw containing urea, with four percent molasses and with fungal cellulase enzyme (UM4%ECAs), 11- Chickpea straw containing urea, with four percent molasses and rumen liquid (UM4%Lr), 12- Chickpea straw containing urea, with four percent molasses and with an equal proportion of cellulase enzyme and rumen liquid (UM4%Lr + ECAs), 13- Chickpea straw containing urea, with six percent molasses and without enzyme (UM6%E0), 14- Chickpea straw containing urea, with six percent molasses and with fungal cellulase enzyme (UM6% ECAs), 15- Chickpea straw containing urea, with six percent molasses and rumen liquid (UM6%Lr), 16- Chickpea straw containing urea, with six percent molasses and with an equal ratio of cellulase enzyme and rumen liquid (UM6%Lr + ECAs).

a, b: English letters in each line indicate a significant difference between the means at the probability level ($P<0.05$).

پتانسیل تولید گاز و نرخ ثابت ناپدید شدن

در آزمون گاز تحقیق حاضر برای کاه نخود، بیشترین میزان پتانسیل تولید گاز A یا (a+b) در تیمار UM0CAs ۲۰۰/۵۱ میلی‌لیتر به‌ازای هر گرم ماده خشک و کمترین آن در تیمار UM2%ECAs ۹۳/۴۴ میلی‌لیتر به‌ازای هر گرم ماده خشک مشاهده شد (جدول ۵). مشایخی و همکاران (Mashayekhi *et al.*, 2007) گزارش کردند که کاهش معنی‌دار در پتانسیل تولید گاز در سطوح بالای ملاس احتمالاً به‌دلیل عدم برقراری همزمانی بین منبع کربوهیدرات و منبع نیتروژن برای میکروب‌ها و همچنین با افزایش تولید اسیدهای چرب زنجیرکوتاه SCFA باشد (جدول ۶) . بین منبع کربوهیدرات و منبع نیتروژن برای فراسنجه‌های تولید گاز اثر متقابل وجود دارد و هرچه همزمانی بین این دو منبع در جیره، بیشتر باشد و نسبت نیتروژن به کربوهیدرات برای برآورد نیاز میکروب‌ها، مناسب‌تر باشد، بهبود در فرآیند تخمیر در محیط تولید گاز قابل انتظار خواهد بود (Dryhurst and Wood, 1998). یولیستیانی و همکاران (Yulistiani *et al.*, 2007) در آزمایشی که بر روی توت و کاه برنج فرآوری شده با اوره و ملاس انجام دادند، گزارش کردند که افزودن ملاس تأثیر معنی‌داری بر پتانسیل تولید گاز ندارد. خراسانی و همکاران (Khorasani *et al.*, 2014) گزارش دادند که افزودن ملاس به سیلاژ برگ درخت خرما باعث کاهش پتانسیل تولید گاز می شود.

منک و استینگاس (Menke and Steinggass, 1988) گزارش نمودند، وقتی که از روش تولید گاز برای تعیین خصوصیات هضمی مواد خوراکی استفاده می‌شود، فرض بر این است که گاز تولیدی تحت تأثیر هیچ عامل دیگری جز ترکیبات شیمیایی و خصوصیات فیزیکی خوراک قرار نمی‌گیرد. تولید گاز ناشی از تخمیر پروتئین خام در مقایسه با کربوهیدرات (Wolin, 1960) نسبتاً کم می‌باشد (Menke and Steinggass, 1988; Getachew *et al.*, 1998). تغییر در فعالیت میکروبی مایع شکمبه ممکن است روی نرخ تخمیر اثر بگذارد. عواملی مانند منشأ میکروبی مایع شکمبه، گونه و جیره غذایی دام دهنده، زمان جمع‌آوری و حتی مدت نگهداری و نوع مواد نگهدارنده مایع شکمبه می‌توانند روی ماهیت مایع شکمبه و فعالیت میکروبی آن تأثیر بگذارند (Mould *et al.*, 2005; Bueno *et al.*, 2005 ; Hervas *et al.*, 2005).

میانگین نرخ ثابت ناپدید شدن در واحد زمان (C) در کاه نخود معنی‌دار بود. در کاه نخود افزودن ملاس باعث افزایش نرخ ثابت تجزیه‌پذیری در واحد زمان شد.

امّا بیشترین افزایش مربوط به تیماری بود که سطح ملاس آن دو درصد (UM2%E0) بود (۰/۱۷۵ میلی‌لیتر در ساعت). یولیستیانی و همکارانش (Yulistiani *et al.*, 2007) گزارش کردند که افزودن ملاس تا ۱۰ درصد ماده خشک به توت و کاه برنج باعث افزایش در نرخ ثابت ناپدید شدن در واحد زمان شد.

شوری‌آبی (Shoryabi, 2014) گزارش داد که افزودن ملاس به کاه کنجد باعث کاهش نرخ ثابت تجزیه‌پذیری در واحد زمان می‌شود. در کاه نخود افزودن آنزیم سلولاز قارچی و نسبت مساوی دو منبع آنزیم باعث افزایش نرخ ثابت ناپدید شدن در واحد زمان شد و نیز با افزایش سطح ملاس، تأثیر آنزیم‌های شیرابه شکمبه بر نرخ ثابت تجزیه‌پذیری افزایش یافت.

محمدآبادی و چاجی (Mohammadabadi and Chaji, 2011) نشان دادند که افزودن یک نسبت مساوی آنزیمی در سطوح مختلف به کاه کنجد باعث افزایش در نرخ ثابت ناپدید شدن شد. ترکیب سطوح مختلف ملاس با آنزیم سلولاز قارچی و نسبت مساوی دو آنزیم در کاه نخود باعث کاهش نرخ ثابت ناپدید شدن شد که با نتایج خراسانی و همکاران (Khorasani *et al.*, 2014) مطابقت دارد.

انرژی قابل متابولیسم، اسیدهای چرب کوتاه زنجیر، قابلیت هضم ماده آلی و انرژی ویژه شیردهی

در این پژوهش، تأثیر عمل‌آوری کاه نخود با اوره، ملاس و آنزیم (سلولاز قارچی مایع شکمبه و ترکیب دو آنزیم) در بین تیمارها بر انرژی قابل متابولیسم، قابلیت هضم ماده آلی، انرژی ویژه شیردهی و اسیدهای چرب کوتاه زنجیر مورد مطالعه قرار گرفت. مشاهده شد که افزودن آنزیم باعث افزایش در انرژی قابل متابولیسم، انرژی ویژه شیردهی، قابلیت هضم ماده آلی و اسیدهای چرب کوتاه زنجیر می شود که با گزارش الگاندور و همکاران (Elghandour *et al.*, 2013) مبنی بر افزودن آنزیم بر خوراک میزان قابلیت هضم ماده آلی، انرژی متابولیسمی و اسیدهای چرب کوتاه زنجیر افزایش یافت که با نتایج حاضر مطابقت داشت. همچنین در گزارش دیگر نیز مشاهده شده است که افزودن آنزیم بر خوراک نشخوارکنندگان فراسنجه‌های تخمیر شکمبه‌ای نظیر قابلیت هضم ماده آلی، انرژی قابل متابولیسم و اسیدهای چرب کوتاه زنجیر را به‌طور قابل توجهی بهبود می‌بخشد (Yu *et al.*, 2005). محمد آبادی و چاجی (Mohammadabadi and Chaji, 2011) گزارش کردند که افزودن آنزیم به کاه کنجد باعث افزایش قابلیت هضم ماده آلی، انرژی قابل متابولیسم و اسیدهای چرب کوتاه زنجیر می‌شود.

جدول ۵- میانگین فراسنجه‌های ناپدید شدن ماده خشک برای کاه نخود فرآوری شده با اوره، ملاس و آنزیم

Table 5- Average disappearance parameters for chickpea straw processed with urea, molasses and enzyme

تیمارها Treatments	فراسنجه‌ها Parameters: نرخ ثابت ناپدید شدن ماده خشک در طول زمان (میلی‌لیتر در ساعت) C	پتانسیل تولید گاز (میلی‌لیتر به‌ازای هر گرم نمونه) A (a+ b)
۱ UM0E0	0.13^{ed}	143.94^{bcd}
۲ UM0CAs	0.17^{ab}	200.51^{a}
۳ UM0Lr	0.13^{de}	154.12^{bc}
۴ UM0Lr + ECAs	0.15^{abcde}	150.90^{bc}
۵ UM2%E0	0.175^{a}	232.78^{a}
۶ UM2%ECAs	0.12^{f}	93.44^{f}
۷ UM2%ELr	0.14^{cde}	166.61^{b}
۸ UM2%Lr + ECAs	0.10^{f}	102.74^{ef}
۹ UM4%E0	0.14^{bcde}	152.87^{bc}
۱۰ UM4%ECAs	0.15^{abcd}	116.71^{def}
۱۱ UM4%Lr	0.14^{bcde}	170.95^{ab}
۱۲ UM4%Lr + ECAs	0.14^{bcde}	143.73^{bcd}
۱۳ UM6%E0	0.16^{abc}	130.83^{cde}
۱۴ UM6%ECAs	0.15^{abcde}	161.11^{bc}
۱۵ UM6%Lr	0.17^{abc}	167.64^{ab}
۱۶ UM6%Lr + ECAs	0.07^{g}	115.03^{def}
مقدار احتمال معنی‌داری P-value	0.001	0.001
میانگین خطای استاندارد SEM	0.010	11.581

تیمارهای آزمایشی شامل: ۱- کاه نخود حاوی اوره، بدون ملاس و بدون آنزیم (UM0E0)، ۲- کاه نخود حاوی اوره، بدون ملاس و با آنزیم سلولاز قارچی (UM0CAs)، ۳- کاه نخود حاوی اوره، بدون ملاس و با شیرابه شکمبه (UM0Lr)، ۴- کاه نخود حاوی اوره، بدون ملاس و با نسبت مساوی آنزیم سلولاز و شیرابه شکمبه (UM0Lr + ECAs)، ۵- کاه نخود حاوی اوره، با دو درصد ملاس و بدون آنزیم (UM2%E0)، ۶- کاه نخود حاوی اوره، با دو درصد ملاس و با آنزیم سلولاز قارچی (UM2%ECAs)، ۷- کاه نخود حاوی اوره، با دو درصد ملاس و با شیرابه شکمبه (UM2%ELr)، ۸- کاه نخود حاوی اوره، با دو درصد ملاس و با نسبت مساوی آنزیم سلولاز و شیرابه شکمبه (UM2%Lr + ECAs)، ۹- کاه نخود حاوی اوره، با چهار درصد ملاس و بدون آنزیم (UM4%E0)، ۱۰- کاه نخود حاوی اوره، با چهار درصد ملاس و با آنزیم سلولاز قارچی (UM4%ECAs)، ۱۱- کاه نخود حاوی اوره، با چهار درصد ملاس و با شیرابه شکمبه (UM4%Lr)، ۱۲- کاه نخود حاوی اوره، با چهار درصد ملاس و با نسبت مساوی آنزیم سلولاز و شیرابه شکمبه (UM4%Lr + ECAs)، ۱۳- کاه نخود حاوی اوره، با شش درصد ملاس و بدون آنزیم (UM6%E0)، ۱۴- کاه نخود حاوی اوره، با شش درصد ملاس و با آنزیم سلولاز قارچی (UM6%ECAs)، ۱۵- کاه نخود حاوی اوره، با شش درصد ملاس و با شیرابه شکمبه (UM6%Lr)، ۱۶- کاه نخود حاوی اوره، با شش درصد ملاس و با نسبت مساوی آنزیم سلولاز و شیرابه شکمبه (UM6%Lr + ECAs).

حروف غیرمشابه در هر ستون نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح پنج درصد برای هر متغیر می‌باشد.

–Experimental treatments include: 1- Chickpea straw containing urea, without molasses and without enzyme (UM0E0), 2- Chickpea straw containing urea, without molasses and with fungal cellulase enzyme (UM0CAs), 3- Chickpea straw containing urea, without molasses and with rumen liquid (UM0Lr), 4- Chickpea straw containing urea, without molasses and with an equal ratio of cellulase enzyme and rumen liquid (UM0Lr + ECAs), 5- Chickpea straw containing urea, with two percent molasses and without enzyme (UM2%E0), 6 - Chickpea straw containing urea, with two percent molasses and with fungal cellulase enzyme (UM2%ECAs), 7- Chickpea straw containing urea, with two percent molasses and rumen liquid (UM2%ELr), 8- Chickpea straw containing urea, with Two percent molasses and with an equal ratio of cellulase enzyme and rumen liquid (UM2%Lr + ECAs), 9- Chickpea straw containing urea, with four percent molasses and no enzyme (UM4%E0), 10- Chickpea straw containing urea, with four percent molasses and with fungal cellulase enzyme (UM4%ECAs), 11- Chickpea straw containing urea, with four percent molasses and rumen liquid (UM4%Lr), 12- Chickpea straw containing urea, with four percent molasses and with an equal proportion of cellulase enzyme and rumen liquid (UM4%Lr + ECAs), 13- Chickpea straw containing urea, with six percent molasses and without enzyme (UM6%E0), 14- Chickpea straw containing urea, with six percent molasses and with fungal cellulase enzyme (UM6% ECAs), 15- Chickpea straw containing urea, with six percent molasses and rumen liquid (UM6%Lr), 16- Chickpea straw containing urea, with six percent molasses and with an equal ratio of cellulase enzyme and rumen liquid (UM6%Lr + ECAs).

a, b: English letters in each line indicate a significant difference between the means at the probability level (P<0.05).

جدول ٦- فراسنجه‌های تغذیه‌ای برای کاه نخود فرآوری شده با اوره، ملاس و آنزیم

Table 6- Nutritional parameters for chickpea straw processed with urea, molasses and enzyme

تیمارها Treatments	انرژی قابل متابولیسم (مگاژول در کیلوگرم ماده خشک) ME	ماده آلی قابل هضم (درصد ماده خشک) OMD	انرژی شیردهی (مگاژول در کیلوگرم ماده خشک) NEL	اسیدهای چرب کوتاه (میلی مول) SCFA
۱ UM0E0	7.01^{bcd}	48.77^{bcd}	2.83^{bcd}	0.61^{bcd}
۲ UM0CAs	6.41^{def}	45.13^{def}	2.53^{cde}	0.57^{bcde}
۳ UM0Lr	6.87^{cd}	47.64^{cd}	2.95^{bcd}	0.65^{bcd}
۴ UM0Lr + ECAs	6.85^{cd}	47.97^{cd}	2.59^{cde}	0.56^{cde}
۵ UM2%E0	8.43^{a}	57.94^{a}	4.17^{a}	0.87^{a}
۶ UM2%ECAs	5.48^{f}	38.59^{g}	1.65^{f}	0.38fg
۷ UM2%ELr	6.36^{def}	44.43^{defg}	2.31^{def}	0.51^{def}
۸ UM2%Lr + ECAs	7.15^{abc}	49.09^{bcd}	3.27^{bc}	0.7^{bc}
۹ UM4%E0	7.51^{abc}	52.65^{abc}	3.07^{bcd}	0.66^{bcd}
۱۰ UM4%ECAs	7.60^{abc}	52.63^{abc}	3.37^{bc}	0.72^{bc}
۱۱ UM4%Lr	7.97^{ab}	55.65^{a}	3.46^{ab}	0.73^{ab}
۱۲ UM4%Lr + ECAs	7.93^{ab}	55.15^{ab}	3.47^{ab}	0.73^{ab}
۱۳ UM6%E0	7.47^{abc}	51.97^{abc}	3.07^{bcd}	0.65^{bcd}
۱۴ UM6%ECAs	5.86^{ef}	41.16^{efg}	1.89^{ef}	0.43^{efg}
۱۵ UM6%Lr	6.74^{cde}	46.51^{cde}	2.82^{bcd}	0.62^{bcd}
۱۶ UM6%Lr + ECAs	5.64^{f}	39.99^{fg}	1.51^{f}	0.35^{g}
مقدار احتمال معنی‌داری P-value	0.001	0.001	0.001	0.001
میانگین خطای استاندارد SEM	0.30	1.98	0.25	0.05

تیمارهای آزمایشی شامل: ۱- کاه نخود حاوی اوره، بدون ملاس و بدون آنزیم (UM0E0)، ۲- کاه نخود حاوی اوره، بدون ملاس و با آنزیم سلولاز قارچی (UM0CAs)، ۳- کاه نخود حاوی اوره، بدون ملاس و با شیرابه شکمبه (UM0Lr)، ۴- کاه نخود حاوی اوره، بدون ملاس و با نسبت مساوی آنزیم سلولاز و شیرابه شکمبه (UM0Lr + ECAs)، ۵- کاه نخود حاوی اوره، با دو درصد ملاس و بدون آنزیم (UM2%E0)، ۶- کاه نخود حاوی اوره، با دو درصد ملاس و با آنزیم سلولاز قارچی (UM2%ECAs)، ۷- کاه نخود حاوی اوره، با دو درصد ملاس و با شیرابه شکمبه (UM2%ELr)، ۸- کاه نخود حاوی اوره، با دو درصد ملاس و با نسبت مساوی آنزیم سلولاز و شیرابه شکمبه (UM2%Lr + ECAs)، ۹- کاه نخود حاوی اوره، با چهار درصد ملاس و بدون آنزیم (UM4%E0)، ۱۰- کاه نخود حاوی اوره، با چهار درصد ملاس و با آنزیم سلولاز قارچی (UM4%ECAs)، ۱۱- کاه نخود حاوی اوره، با چهار درصد ملاس و با شیرابه شکمبه (UM4%Lr)، ۱۲- کاه نخود حاوی اوره، با چهار درصد ملاس و با نسبت مساوی آنزیم سلولاز و شیرابه شکمبه (UM4%Lr + ECAs)، ۱۳- کاه نخود حاوی اوره، با شش درصد ملاس و بدون آنزیم (UM6%E0)، ۱۴- کاه نخود حاوی اوره، با شش درصد ملاس و با آنزیم سلولاز قارچی (UM6%ECAs)، ۱۵- کاه نخود حاوی اوره، با شش درصد ملاس و با شیرابه شکمبه (UM6%Lr)، ۱۶- کاه نخود حاوی اوره، با شش درصد ملاس و با نسبت مساوی آنزیم سلولاز و شیرابه شکمبه (UM6%Lr + ECAs).

حروف انگلیسی نامشابه در هر ستون نشان‌دهنده احتمال معنی‌داری در سطح پنج درصد می‌باشد.

–Experimental treatments include: 1- Chickpea straw containing urea, without molasses and without enzyme (UM0E0), 2- Chickpea straw containing urea, without molasses and with fungal cellulase enzyme (UM0CAs), 3- Chickpea straw containing urea, without molasses and with rumen liquid (UM0Lr), 4- Chickpea straw containing urea, without molasses and with an equal ratio of cellulase enzyme and rumen liquid (UM0Lr + ECAs), 5- Chickpea straw containing urea, with two percent molasses and without enzyme (UM2%E0), 6 - Chickpea straw containing urea, with two percent molasses and with fungal cellulase enzyme (UM2%ECAs), 7- Chickpea straw containing urea, with two percent molasses and rumen liquid (UM2%ELr), 8- Chickpea straw containing urea, with Two percent molasses and with an equal ratio of cellulase enzyme and rumen liquid (UM2%Lr + ECAs), 9- Chickpea straw containing urea, with four percent molasses and no enzyme (UM4%E0), 10- Chickpea straw containing urea, with four percent molasses and with fungal cellulase enzyme (UM4%ECAs), 11- Chickpea straw containing urea, with four percent molasses and rumen liquid (UM4%Lr), 12- Chickpea straw containing urea, with four percent molasses and with an equal proportion of cellulase enzyme and rumen liquid (UM4%Lr + ECAs), 13- Chickpea straw containing urea, with six percent molasses and without enzyme (UM6%E0), 14- Chickpea straw containing urea, with six percent molasses and with fungal cellulase enzyme (UM6% ECAs), 15- Chickpea straw containing urea, with six percent molasses and rumen liquid (UM6%Lr), 16- Chickpea straw containing urea, with six percent molasses and with an equal ratio of cellulase enzyme and rumen liquid (UM6%Lr + ECAs).

a, b: English letters in each line indicate a significant difference between the means at the probability level ($P<0.05$).

افزودن ملاس در سطح دو درصد ماده خشک در کاه نخود باعث افزایش در انرژی قابل متابولیسم و قابلیت هضم ماده آلی شد. افزودن ملاس در کاه نخود باعث کاهش انرژی ویژه شیردهی و اسیدهای چرب کوتاه زنجیر شد. در گزارشی مشاهده شد که افزودن ملاس در

سطوح دو، چهار و شش درصد ماده خشک به سیلاژ علوفه ذرت باعث افزایش در انرژی قابل متابولیسم و قابلیت هضم ماده آلی شد (Ehsani *et al.*, 2019).

در گزارشی دیگر مشاهده شد که افزودن ملاس به سیلاژ علوفه گراس باعث افزایش انرژی قابل متابولیسم و قابلیت هضم ماده آلی شد (Shahraki and Saravani, 2013).

در این پژوهش، ترکیب سطوح مختلف ملاس با هر یک از سه آنزیم (سلولاز قارچی، شیرابه شکمبه و ترکیب این دو) باعث افزایش در انرژی متابولیسمی و قابلیت هضم ماده آلی شد. ترکیب سطوح مختلف ملاس با شیرابه شکمبه و سلولاز قارچی باعث افزایش انرژی ویژه شیردهی و اسیدهای چرب کوتاه زنجیر شد. شوری‌آبی (Shoryabi, 2014) گزارش داد که افزودن ترکیب ملاس با آنزیم باعث افزایش انرژی متابولیسمی و قابلیت هضم ماده آلی کاه کنجد شد که ناشی از شکستن دیواره سلولی توسط آنزیم‌های اگزوژنوس است که با نتایج زینگ و همکاران (Xing *et al.*, 2009) مطابقت دارد.

پذیرفتن مقادیر تخمینی از معادلات رگرسیونی با بهره‌جویی از نتایج تولید گاز بر پایه مایع شکمبه و داده‌های تجزیه تقریبی خوراک‌ها، علی‌رغم شاخص اولیه کمک‌کننده، خالی از اشتباه نخواهد بود، زیرا که این معادله‌ها خواص فیزیکوشیمیایی متفاوت خوراک‌ها در شکمبه (محلول بودن و محتوی مواد ضدتغذیه‌ای) و نیز تفاوت‌های هضمی در بخش‌های پایین‌تر دستگاه گوارش را در نظر نمی‌گیرند (Parand and Taghizadeh, 2011) و در نهایت، خطای موجود در برآورد تجزیه تقریبی خوراک باعث اریبی اعداد از معادله‌های رگرسیونی مذکور می‌شود.

با توجه به کاربرد روش تولید گاز در ارائه اطلاعات اضافی (مثل انرژی قابل متابولیسم، انرژی شیردهی، قابلیت هضم ماده آلی و پروتئین میکروبی)، می‌توان از این روش در برآورد میزان تخمیر و مهارشدگی تخمیر و انتقال آن به بخش‌های پایین‌تر دستگاه گوارش و تخمین ارزش غذایی خوراک‌ها برای تنظیم جیره غذایی نشخوارکنندگان استفاده کرد.

نتیجه‌گیری کلی

به‌طور کلی، براساس نتایج به‌دست آمده از این پژوهش، استفاده از اوره، ملاس و منابع آنزیمی شامل سلولاز قارچی و مایع شکمبه توانسته است موجب افزایش ارزش غذایی، فراسنجه‌های تولید گاز و قابلیت هضم کاه نخود شود. از بین تیمارهای آزمایشی به‌کار رفته، فرآوری کاه نخود با ۳/۵ درصد اوره به همراه ۴ درصد ملاس و آنزیم سلولاز قارچی توانست باعث بیشترین بهبود ارزش غذایی شود و بررسی نتایج به‌دست آمده در قالب آزمایش‌های حیوانی می‌تواند داده‌های حاصله را تأیید نماید که انجام پژوهش‌های بیشتر در زمینه به‌کارگیری ضایعات کشاورزی در تغذیه دام را می‌طلبد.

References

1. Alam, M. K., Ogata, Y., Sato, Y., & Sano, H. (2016). Effects of rice straw supplemented with urea and molasses on intermediary metabolism of plasma glucose and leucine in sheep. *Asian-Australas Journal Animal Science, 29*(4), 523–529. https://doi.org/10.5713/ ajas.15.0358.
2. Alikhani, M., Alamooti, A. A., Ghorbani, G., & Sadeghi, N. (2005). Effect of urea, molasses and a bacterial inoculants on chemical composition and dry matter degradability of sunflower silage. *Journal of Crop Production, 9*(3), 171-183.
3. Alvarez, G., Pinos-Rodriguez, J. M., Herrera, J. G., Garcia, J. C., Gonzalez, S. S., & Barcena, R. (2009). Effects of exogenous fibrolytic enzymes on ruminal digestibility in steers fed high fibre rations. *Livestock Science, 121*, 150-154. https://doi.org/10.1016/j.livs ci.20 08.05.024.
4. Annison, G. (1993). The role of wheat non- starch polysaccharides in broiler nutrition. *Australian Journal of Agricultural Research, 44*, 405-422. https://doi.org/10.1071/AR993 0405
5. Banchorndhevakul, S. (2002). Effect of urea and urea-gamma treatments on cellulose degradation of Thai rice straw and corn stalk. *Radiation Physics and Chemistry, 64*, 417-422. https://doi.org/10.1016/S0969-806 X (01)00678-8
6. Beauchemin, K. A., Colombatto, D., Morgavi, D. P., & Yang, W. Z. (2002). Use of exogenous fibrolytic enzymes to improve feed utilization by ruminants. *Journal Animal Science, 81*, E37-E47. https://doi.org/10.2527/2003.8114_suppl_2E37x
7. Beauchemin, K. A., Rode, L. M., Maekaw, M., Morgavi, D., & Kampen, R. (2000). Evaluation of a nonstarch polysaccharides feed enzyme in dairy cow diets. *Journal Dairy Science, 83*, 543-553. http://dx.doi.org/10.3168/jds.S0022-0302 (00)74914-9.
8. Bedford, M. R., & Schulze, H. (1998). Exogenous enzymes for pigs and poultry. *Nutrition Research Reviews, 11*(1), 91–114. https://doi.org/10.1079/NRR19980007
9. Bueno, I. C. S., Sergio Calbral Filho, S. L. S., Gobbo, S. P., Louvandini, H., Vitti, D. M. S. S., & Abdalla, A. L. (2005). Influence of inoculum source in a gas production method. *Animal Feed Science and Technology, 124*, 95-

105. https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci. 2005 .05.003
10. Celik, K. I., Ersoy, E., & Savran, F. (2003). Feeding of urea treated wheat straw in Saanen goat male kids. *Pakistan Journal of Nutrition*, *2*, 258-261. http://dx.doi.org/10.3923/pjn.2003.258.261.
11. Chaudhry, A. S. (2000). Rumen degradation in sacco in sheep of wheat straw treated with calcium oxide, sodium hydroxide and sodium hydroxide plus hydrogen peroxide. *Animal Feed Science and Technology*, *83*, 313-323. https://doi.org/10.1016/S0377-8401 (99)00134-0
12. De Figuerido, M., & Marais, J. P. (1994). The effect of bacterial inoculants on kikuyu silage quality. *Journal of Agricultural Science (Cambridge)*, *122*, 53-60. https://doi.org/10.1017/S0021859600065795
13. Dong, Y., Bae, H. D., McAllister, T. A., Mathison, G. W., & Cheng, K. J. (1999). The effect of exogenous fibrolytic enzymes, α-bromoethanesulfonate and monensin on digestibility of grass hay and methane production in the Rusitec. *Canadian Journal of Animal Science*, *79*, 491–498. https://doi.org/10.4141/A99-024
14. Dryhurst, D., & Wood, C. D., (1998). The effect of nitrogen source and concentration on *in vitro* gas production using rumen micro-organisms. *Animal Feed Science and Technology*, *71*, 131-143. https://doi.org/10.1016/S0377-8401 (97)00124-7
15. Ehsani, P., Teimouri, Yansari, A. A., Chashnidel, Y., & Ghorbani, G. (2019). The effect of Particle size and harvesting steps of forage corn on silage characteristics, digestibility and Nutrients consumption of Holstein dairy cows. *Journal Animal Environment*, *11*(2), 53-62.
16. Elghandour, M. M. Y., Salem, A. Z. M., Gonzalez-Ronquillo, M., Borquez, J. L., Gado, H. M., Odongo, N. E., & Penuelas, C. G. (2013). Effects of exogenous enzymes on *in vitro* gas production kinetics and ruminal fermentation of four fibrous feeds. *Animal Feed Science and Technology*, *179*, 46-53. https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2012.11.010
17. Ensminger, M. E., Oldfield, J. E., & Heinemann, W. W. (1990). Feed and Nutrition. Second edition. Ensminger publishing company, p. 388-389.
18. France, J., Dhanoa, M. S., Theodorou, M. K., Lister, S. J., Davies, D. R., & Isac, D. (1993). A model to interpret gas accumulation profiles associated with *in vitro* degradation of ruminant feeds. *Journal of Theoretical Biology*, *163*, 99-111. https://doi.org/10.1006/jtbi.1993.1109
19. Gado, H. M., Salem, A. Z. M., Odongo, N. E., & Borhami, B. E. (2011). Influence of exogenous enzymes ensiled with orange pulp on digestion, blood metabolites and growth performance in lambs. *Animal Feed Science and Technology*, *165*, 131-136. https://doi.org/10.1016/j. anifeedsci.2011.02.016
20. Gado, H. M., Salem, A. Z. M., Robinson, P. H., & Hasan, M. (2009). Influence of exogenous enzymes on nutrient digestibility, extent of ruminal fermentation as well as milk production and composition in dairy cows. *Animal Feed Science and Technology*, *154*, 36-46. https:// doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2009.07.006
21. Garcia-Martinez, A., Albarran-Portillo, B., Castelan-Ortega, O. A., Espinoza-Ortega, A., & Arriaga-Jordan, J. M. (2009). Urea treated maize straw for small-scale dairy systems in the highlands of central Mexico. *Tropical Animal Health and Production*, *41*(7), 1487–1494. https://doi.org/10.1007/s11250-009-9337-4
22. Gargallo, S., Calsamiglia, S., & Ferret, A. (2006). Technical note: A modified three-step in vitro procedure to determine intestinal digestion of proteins. *Journal of Animal Science*, *84*, 2163- 2167. https://doi.org/10.2527/jas.2004-704
23. Gemeda, B. S., Hassen, A., & Odongo, N. E. (2014). Effect of fibrolytic enzyme products at different levels on *in vitro* ruminal fermentation of low quality feeds and total mixed ration. *Journal Animal Plant Science*, *24*(5), 1293-1302. http://hdl.handle.net/2263/43587
24. Getachew, G., Makkar, H. P. S., & Becker, K. (1998). The *in vitro* gas coupled with ammonia measurement for evaluation of nitrogen degradability in low quality roughages using incubation medium of different buffering capacity. *Journal Science Food Agriculture*, *77*, 87- 95. https://doi.org/10.1002/(SICI)1097-0010(199805)77:1<87::AID-JSFA7>3.0.CO;2-X
25. Ghiasvand, M., Rezayazdi, K., & Dehghan Banadaki, M. (2012). The effects of different processing methods on chemical composition and ruminal degradability of canola straw and its effect on fattening performance of male Holstein calves, *Journal of Animal Science Research*, *22*(1), 93. (In Persian)
26. Gunun, P., Wanapat, M., & Anantasook, N. (2013). Effects of physical form and urea treatment of rice straw on rumen fermentation, microbial protein synthesis and nutrient digestibility in dairy steers. *Asian-Australas Journal Animal Science*, *26*(12), 1689–1697. https://doi.org/ 10.5713/ajas.2013.13190
27. Hervas, G., Frutusos, P., Giraldez, F. J., Mora, M. J., Fernandez, B., & Mantecon, A. R. (2005). Effect of preservation on fermentative activity of rumen fluid inoculum for *in vitro* gas production techniques. *Animal Feed Science and Technology*, *123-124*(1), 107-118. https://doi. org / 10.1016/j.anifeedsci.2005.05.004
28. Hristov, A. N., McAllister, T. A., & Cheng, K. J. (1996). Exogenous enzymes for ruminants. Proceedings of 17th Western Nutrition Conference. Edmonton, Alberta, pp. 51-61.
29. Hristov, A. N., McAllister, T. A., & Cheng, K. J. (1998). Effect of dietary or abomasal supplementation of exogenous polysaccharide-degrading enzyme supplementation on rumen fermentation and nutrient digestibility. *Journal of Animal Science*, *76*, 3146–3156. http://dx.doi.org/10.2527/1998.76123146x

30. Khorasani, H., Shojaeian, K., Yousef, M., Lahi, E., & Sharifi M. (2014). Effects of urea, molasses and fibrolytic enzymes on nutritional value of date palm leaves silage. *Annual Research and Review in Biology*, *4*(24), 4305-4313. http://dx.doi.org/10.9734/ARRB/2014/7307
31. Kung, L. J. R., Lazartic, J., Wuerfel, R. L., Rode, L. M., Beauchemin, K. A., & Treacher, R. J. (2000a). The effect of various combinations of fibrolytic enzymes on the feeding value of a TMR fed to lactating cows. *Journal Dairy Science*, *83*(Suppl. 1), 297.
32. Kung, L. J. R., Treacher, R. J., Nauman, G. A., Smagala, A. M., Endres, K. M., & Cohen, M. A. (2000b). The effect of treating forages with fibrolytic enzymes on its nutritive value and lactation performance of dairy cows. *Journal Dairy Science*, *83*, 115-122. http://dx.doi.org/10.3168/jds. S0022-0302(00)74862-4
33. Lewis, G. E., Hunt, C. W., Sanchez, W. K., Treacher, R., Pritchard, G. T., & Feng, P. (1996). Effect of direct-fed fibrolytic enzymes on the digestive characteristics of a forage-based diet fed to beef steers. *Journal of Animal Science*, *74*(12), 3020–3028. https://doi.org/10.2527/1996. 74123020x
34. Mahmoodi, A., & Aliarabi, H. (2012). Effect of using different levels of exogenous fibrolytic enzymes on performance of early lactation Holstein cows. *Animal Science Research*, *22*(2), 25-34. https://doi.org/10.1016/j.aninu.2015.09.001
35. Mashayekhi, M. R., Fazaeli, H., & Zahedifar, M. (2007). Effect of urea-molasses on the nutritive value of roughage based ration incubated in buffaloe rumen liquor. *Italian Journal of Animal Science*, *6*, 454-457. http://dx.doi.org/10.4081/ijas.2007.s2.454
36. Mc Donald, L., Henderson, N., & Heron, S. (1990). The biochemistry of silage. 2nd ed., Chalcombe Pub., UK.
37. Mehdikhani Bazehoze, J., Yazdani, A. R., Torbatinegad, N. M., & Ghorbani, B. (2009). Effect of treating wheat straw with urea and molasses on crude protein and crude fiber of it and blood metabolites of Dalagh lamb. *Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources*, *16*((Special Issue 2)), 333-337. (In Persian)
38. Mehramiri, I., Chaji, M., Tabatabaei Vakili, S., Mohammadabadi, T., & Sari, M. (2017). The effects of replacement of mung bean (*Vigna radiate*) straw with wheat straw or corn silage on performance, rumen fermentation and blood parameters of finishing male lambs. Iranian *Journal of Animal Science Research*, *9*(3), 300-313. http://dx.doi.org/10.22067/ijasr.v9i3.52536
39. Menke, K., & Steinggass, H. (1988). Estimation of the energetic feed value from chemical analyses and *in vitro* gas production using rumen fluid. *Animal Research Development*, *28*, 7-55.
40. Mir, Z., & Mir, P. S. (1994). Effect of the addition of live yeast (*Saccharomyces cerevisiae*) on growth and carcass quality of steers fed high-forage or high-grain diets and on feed digestibility and *in situ* degradability, *Journal of Animal Science*, *72*, 3, 537–545. https://doi.org/10. 2527/1994.723537x
41. Mohammadabadi, T., & Chaji, M. (2011). Effect of exogenous enzyme on *in vitro* fermentation of sesame straw by rumen bacteria culture. *Journal of Applied Animal Research*, *39*, 161-163. https://doi.org/10.1080/09712119.2011.565227
42. Mould, F. L., Kliem, K. E., Morgan, R., & Mauricio, R. M. (2005). *In vitro* microbial inoculum: A review of its function and properties. *Animal Feed Science and Technology*, *123-124*(1), 31-50. https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2005.04.028
43. Muwalla, M. M, Haddad, S. G., & Hijazeen, M. A. (2007). Effect of fibrolytic enzyme inclusion in high concentrate fattening diets on nutrient digestibility and growth performance of Awassi lambs. *Livestock Science*, *111*(3), 255–258. https://doi.org/10.1016/j.livsci. 2007.03.003
44. Newbold, J. (1997). Proposed mechanisms for enzymes as modifiers of ruminal fermentation. In: Proceedings of the 8th Annual Florida Ruminant Nutrition Symposium, Gainesville, FL, USA, pp. 146–159.
45. Nocek, J. E. (1988). *In situ* and other methods to estimate ruminal protein and energy digestibility, A Review. *Journal of Dairy Science*, *67*, 2599-2612. https://doi.org/10.3168/jds. S0022-0302(88)79781-7
46. Pan, I., Suzuki, T., koike, S., Ueda, K., Kobayashi, Y., Tanaka, K., & Okubo M. (2003). Effects of urea infused into the rumen on liquid and particle associated fibrolytic enzyme activities in steers fed low-quality grass hay. *Animal Feed Science and Technology*, *104*, 13-27. https://doi.org/10.1016/S0377-8401(02)00324-3
47. Parand, E., & Taghizadeh, A. (2011). Examination of digestibility of processed barley grain with different methods, using gas production technique with two sources of inocola. *Animal Science Research*, *4*(2), 1-13.
48. SAS / STAT User's Guide. Version 9.1 Edition. 2003. SAS Inst. Cary, NC.
49. Shahraki, E., & Saravani, M. (2013). A study on the effects of urea and molasses on the nutritional value of nutgrass (*Cyperus rotundus*) forage silos of Sistan region. *International Research Journal Applied Basic Science*, *6*(12), 1793-1800.
50. Shoryabi, Z., (2014). Study of chemical composition and nutritive value of treated sesame straw by using *in vitro* gas production method. Journal of Novel Applied Sciences. -ISSN 2322-5149.
51. Soltani Naseri, K., Ghanbari, F., Bayat Kouhsar, J., & Taliey, F. (2018). Effect of chemical and biological processing methods on chemical composition, gas production parameters and *in vitro* digestibility of *Cicer arietinum* wastes. *Research on Animal Production*, *9*(22), 72-82. http://dx.doi.org/10.29252/rap.9.22.72
52. Storm, E., Orskov, E. R., & Smart, R. (1983). The nutritive value of rumen micro-organisms in ruminants. 2. The

apparent digestibility and net utilization of microbial N for growing lambs. *The British Journal of Nutrition*, *50*(2), 471–478. https://doi.org/10.1079/bjn19830115
53. Stsnton, T. L., & Whittier, J. (2007). Urea and NPN for cattle and sheep. Colorado state university. Extension. Http://www.ext.Colostate.ed/ pubs/livestock/ 01608.htm.No.1. P: 608.
54. Sujani, M., Piyasena, T., Seresinhe, T., Pathirana, I., & Gajaweera, C. (2016). Supplementation of rice straw (*Oryza sativa*) with exogenous fibrolytic enzymes improves *in vitro* rumen fermentation characteristics. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*, *41*, 4. https://doi.org/10.3906/vet-1503-8
55. Tahmasebi, R., Dayani, O., & kezre, A. (2011). Determination of physical, chemical and digestibility of some agricultural by-products. *Iranian Journal of Animal Science Research*, *3*(4), 412-421. http://dx.doi.org/10.22067/ijasr.v3i4.12549
56. Tengyun, G. (2000). Review: Treatment and utilization of crop straw and stover in China. *Livestock Research for Rural Development*, *12*, 1.
57. Titi, H. H., & Lubbadeh, W. F. (2004). Effect of feeding cellulase enzyme on productive responses of pregnant and lactating ewes and goats. *Small Ruminant Research*, *52*, 137–143. https://doi.org/10.1016/S0921-4488 (03)00254-2
58. Van Soest, P. J. (1994). Nutrition ecology in the ruminants. Cornel University Press. Ithaca, New York, Comstock publishing associate. pp. 156-176.
59. Van Soest, P. J. (2006). Rice straw, the role of silica and treatments to improve quality. *Animal Feed Science and Technology*, *130*, (3-4), 137-171. http://dx.doi.org/10.1016/j.anifeedsci.20 06.01.023
60. Wang, Y., Spratling, B. M., ZoBell, D. R., Wiedmeier, R. D., & McAllister, T. A. (2004). Effect of alkali pretreatment of wheat straw on the efficacy of exogenous fibrolytic enzymes. *Journal Animal Science*, *82*, 198-208. http://dx.doi.org/10.2527/2004.821198x
61. Wolin, M. J. (1960). A theoretical rumen fermentation balance. *Journal Dairy Science*, *43*, 1452-1459.
62. Xing, L., Chen, L. J., & Han, L. J. (2009). The effect of an inoculants and enzymes on fermentation and nutritive value of sorghum straw silages. *Journal Bio- Resource Technology*, *100*, 488-491. https://doi.org/10.1016/j.biortech.2008.06.017
63. Yang, H. E, Son, Y. S., & Beauchemin, K. A. (2011). Effects of exogenous enzymes on ruminal fermentation and degradability of alfalfa hay and rice straw. *Asian-Australasian Journal Animal Science*, *24*, 56–64. https://doi.org/10.5713/ajas.2011.90369
64. Yang, W. Z., Beauchemin, K. A., & Rode, L. M. (1999). Effects of an enzyme feed additive on extent of digestion and milk production of lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*, *82*, 391-403. http://dx.doi.org/10.3168/jds.S0022-0302 (99)75245-8
65. Yang, W. Z., Beauchemin, K. A., & Rode, L. M., (2000). A comparison of methods of adding fibrolytic enzymes to lactating cow diets. *Journal Dairy Science*, *83*, 2512-2520. https://doi. org/10.3168/jds.S0022-0302 (00)75143-5
66. Yu, P., Mckinnon, J. J., & Christensen, D. A. (2005). Improving the nutritional value of oat hulls for ruminant animals with pre-treatment of a multi-enzyme cocktail: *In vitro* studies. *Journal of Animal Science*, *83*, 1133-1141. http://dx.doi.org/10.2527/2005.8351133x
67. Yulistiani, D., Jelan, Z. A., Liang, J. B., Yaakub dan, H., & Abdullah, N. (2007). The use of *in vitro* gas production technique to evaluate molasses supplementation to mulberry (*Morus alba*) and rice straw mixed diets. *Jurnal Ilmu Ternak Dan Veteriner*, *12*(4), 255-261. http://medpub.litbang.pertanian.go.id/index.php/jitv
68. Zinn, R. A. & Salinas, J. (1999). Influence of fibrozyme on digestive function and growth performance of feedlot steers fed a 78% concentrate growing diet. p. 313–319 in Proc. 15th Annual Symposium Biotechnology in the Feed Industr Loughborough, Leics, UK.